

ANÁLISE E CONSIDERAÇÃO DE PROPOSTAS ALTERNATIVAS PARA OS PROBLEMAS DE EROSÃO EM PEDRÓGÃO

ALEXANDRE SERRÃO LOPES DE SOUSA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM HIDRÁULICA

Orientador: Professor Doutor Fernando Francisco Machado Veloso Gomes

Coorientador: Engenheiro Ricardo Miguel Faustino Santos

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

O fim duma viagem é apenas o começo doutra.
José Saramago

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por tudo fazerem para que não haja nada que eu não possa fazer, e a toda a minha família.

Ao Professor Doutor Fernando Veloso Gomes, por ter aceite orientar este tema, pela disponibilidade e interesse demonstrados, pela partilha de conhecimentos e por toda a documentação fornecida.

Ao Senhor Vereador Ricardo Santos, da Câmara Municipal de Leiria, por ter aceite coorientar este tema, pela disponibilidade e pela facilidade no acesso a documentação.

À Dona Esmeralda Miguel e à Dona Paula Pinto do Instituto de Hidráulica e Recursos Hídricos da FEUP e à Professora Elsa Carvalho, pela disponibilidade, pelo apoio e pela simpatia.

À Andreia Santos, ao André Soares, ao Francisco Duarte, ao Gonçalo Cascarejo e ao Inácio Mofreita, pelos contributos, e a todos os meus amigos.

À Câmara Municipal de Leiria, à Agência Portuguesa do Ambiente e à Administração de Recursos Hídricos do Centro, em especial ao Engenheiro Mota Lopes e ao Engenheiro Emídio Barros, e ainda ao Senhor. Camilo Barata, ao Doutor. Gastão Aires das Neves, ao Arquitecto José Fava, à Engenheira Margarida Morais, ao Doutor. Paulo Pedro, ao Senhor. António Quiaios, ao Senhor. Ventura Tomaz e ao Doutor Nunes André, pela documentação fornecida, e a todas as pessoas contactadas durante a execução deste trabalho, pela disponibilidade e pelos contributos.

A todos, um sincero obrigado.

RESUMO

A Praia do Pedrógão é uma pequena vila costeira, localizada no concelho de Leiria, que nos últimos anos tem vindo a sofrer um aumento de problemas decorrentes da erosão costeira, em muito devido à quantidade de sedimentos retida a norte do Porto da Figueira da Foz. O presente trabalho tem como objetivo a análise desses problemas e a proposta de soluções de mitigação, tendo como caso de estudo a Praia do Pedrógão.

A primeira fase deste trabalho consistiu numa análise dos vários planos, programas e estratégias existentes sobre a orla costeira (POOC Ovar – Marinha Grande, ENGIZC, PAPVL 2012-2015, Relatório do GTL, POC-OMG e EMAAC Leiria), comparando as propostas pelos diferentes documentos para a Praia do Pedrógão e a sua concretização ou perspectiva de execução.

A segunda fase deste trabalho consistiu na análise do histórico das intervenções realizadas na Praia do Pedrógão, com consequências diretas, ou indiretas, para a linha de costa, incluindo as intervenções de defesa costeira executadas em 2003, 2014 e 2015. É, ainda, apresentada um modelo daquilo que terá sido a expansão urbana da Praia do Pedrógão. Para a realização destas duas fases do trabalho, para além de toda a documentação utilizada e de numerosas visitas ao local, foi fundamental o contacto com vários atores ligados à Praia do Pedrógão por diversos motivos.

A terceira fase deste trabalho consistiu no estudo da agitação marítima registada entre dezembro de 2016 e junho de 2017, pela boia ondógrafo de Leixões, e pela monitorização da Praia do Pedrógão, através do registo fotográfico das consequências da agitação e alterações do areal. A agitação marítima verificada durante o inverno 2016/2017, em especial durante o mês de fevereiro de 2017, foi responsável pelo emagrecimento da praia. Durante os meses da primavera de 2017, devido à agitação marítima favorável, registou-se uma reposição natural de sedimentos ao longo de toda a praia, com exceção da zona imediatamente a norte de um pequeno promontório existente na Praia do Pedrógão. São, também, estudadas quais as alturas de onda expectáveis para a costa ocidental de Portugal Continental, considerando diferentes períodos de retorno e tendo por base os registos da boia ondógrafo de Leixões, aplicando o método de Goda para as distribuições de Weibull e de Fisher Tippet-I, de modo a enquadrar os registos para o inverno 2016/2017, sendo que os resultados também poderão ser utilizados para dimensionamento de estruturas. É, ainda, apresentada uma sugestão da evolução das diferentes variações sazonais e interanuais de volumes de areia possíveis numa praia, enquadrando a Praia do Pedrógão com base em estudos e registos existentes, que identificam as infraestruturas do Porto da Figueira da Foz como as principais responsáveis da retenção da deriva litoral de sedimentos.

A última fase deste trabalho consistiu na avaliação dos problemas existentes na Praia do Pedrógão, decorrentes da erosão costeira, na comparação com casos semelhantes, a nível nacional e internacional, e na proposta de soluções de mitigação. Com base no proposto pelo POC Ovar – Marinha Grande e pela EMAAC Leiria, apresenta-se o pré-dimensionamento de um esporão como possível prolongamento do promontório e de um quebramar destacado na zona central da praia, de maneira a possibilitar uma análise comparativa entre os custos de execução de cada solução. Foram considerados diferentes configurações e comprimentos para a realização do pré-dimensionamento.

Assim, este trabalho apresenta uma análise dos problemas decorrentes da erosão costeira que afetam a Praia do Pedrógão, o histórico de intervenções realizadas e perspectivas de intervenções futuras, com o objetivo final de apresentar propostas de soluções de mitigação.

PALAVRAS-CHAVE: Praia do Pedrógão, zona costeira, erosão, agitação marítima, proteção costeira.

ABSTRACT

Pedrógão Beach is a small coastal village, located in the county of Leiria, which in recent years has been experiencing an increase in problems due to coastal erosion, due in large part to the amount of sediment retained north of the Port of Figueira da Foz. The present work has the objective of analyzing the problems arising from coastal erosion and the proposal of mitigation solutions, taking as a case study Pedrógão Beach.

The first phase of this work consisted of an analysis of the various plans, programs and strategies on the coastal zone (POOC Ovar – Marinha Grande, ENGIZC, PAPVL 2012-2015, GTL Report, POC-OMG and EMAAC Leiria), comparing the proposed interventions in the different documents for Pedrógão Beach and its implementation or execution perspective.

The second phase of this work consisted in analyzing the history of the interventions carried out in Pedrógão Beach, with direct or indirect consequences for the coastline, including coastal defense interventions carried out in 2003, 2014 and 2015. It is also presented a model of what would have been the urban expansion of Pedrógão Beach. For the accomplishment of these two phases of the work, in addition to all the documentation used and numerous visits to the place, it was fundamental the dialog with several actors connected to Pedrógão Beach for distinct reasons.

The third phase of this work consisted in the study of the wave regime recorded between December 2016 and June 2017 by the Leixões wave buoy and the monitoring of Pedrógão Beach, through the photographic record of the consequences of the maritime agitation and changes in the sand volumes. The wave action during the winter of 2016/2017, especially during February 2017, was responsible for the beach erosion. During the spring months of 2017, due to favorable maritime agitation, there was a natural replenishment of sediments along the entire beach, except for the area just north of a small promontory on Pedrógão Beach. The expected wave heights for the western coast of mainland Portugal, considering different return periods and based on the records of the Leixões wave buoy, applying the Goda method for the distributions of Weibull and Fisher Tippet -I, were also studied, in order to frame the records for the winter 2016/2017 and the results can also be used for future scans. It is also presented a suggestion of the evolution of the different seasonal and interannual variations of possible sand volumes on a beach, framing Pedrógão Beach based on studies and existing records that identify the Port of Figueira da Foz as the main responsible for the retention of coastal sediment drift.

The last phase of this work consisted in the evaluation of the problems in Pedrógão Beach, due to coastal erosion, in comparison with similar cases, at national and international level, and in the proposal of mitigation solutions. Based on the proposal by POC Ovar – Marinha Grande and by EMAAC Leiria, it was analysed the pre-design of a groin as a possible extension of the promontory and a detached breakwater in the central zone of the beach, to perform a comparative analysis between the costs of each solution. Different shapes and lengths were considered for carrying out the pre-design.

Thus, this paper presents an analysis of the problems arising from coastal erosion affecting Pedrógão Beach, the history of interventions and prospects for future interventions, with the final objective of presenting proposals for mitigation solutions.

KEY WORDS: Pedrógão Beach, coastal zone, erosion, maritime agitation, coastal protection.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE GERAL	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE QUADROS	xvii
ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS	xix
SÍMBOLOS	xxi
 1. INTRODUÇÃO	 1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL E OBJETIVOS	1
1.2. METODOLOGIA E ESTRUTURA DO DOCUMENTO	3
1.3. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	5
 2. PLANOS, PROGRAMAS E ESTRATÉGIAS PARA A ORLA COSTEIRA.....	 9
2.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	9
2.2. PLANO DE ORDENAMENTO DA ORLA COSTEIRA	9
2.2.1. ÂMBITO	9
2.2.2. PLANO DE ORDENAMENTO DA ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE	11
2.3. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A GESTÃO INTEGRADA DA ZONA COSTEIRA	15
2.3.1. ÂMBITO	15
2.3.2. VISÃO E OBJETIVOS	15
2.4. PLANO DE AÇÃO DE PROTEÇÃO E VALORIZAÇÃO DO LITORAL	16
2.4.1. ÂMBITO	16
2.4.2. IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	17
2.4.3. TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO	17
2.5. RELATÓRIO DO GRUPO DE TRABALHO DO LITORAL	22
2.5.1. ÂMBITO	22
2.5.2. DINÂMICAS E EVOLUÇÃO COSTEIRA.....	23
2.5.3. ZONAS COSTEIRAS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	29
2.6. PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA	30
2.6.1. ÂMBITO	30
2.6.2. PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE.....	32

2.7. ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS.....	35
2.7.1. ÂMBITO	35
2.7.2. IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS	35
2.7.3. RESPOSTAS DE ADAPTAÇÃO.....	36
3. HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES REALIZADAS.....	39
3.1. NOTA INTRODUTÓRIA	39
3.2. PLANO GERAL DE URBANIZAÇÃO	39
3.3. ALARGAMENTO DA RUA MARGINAL NO CASAL VENTOSO	44
3.4. CONSTRUÇÃO DA ETAR DO PEDRÓGÃO	46
3.5. SOLUÇÃO PARA A ESCORRÊNCIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA ZONA CENTRAL DA PRAIA DO PEDRÓGÃO.	47
3.6. PROTEÇÃO DA ARRIBA NA PRAIA SUL (2003)	48
3.7. PROTEÇÃO DO CORDÃO DUNAR NO TROÇO ENTRE O CASAL VENTOSO E O CENTRO AZUL .	50
3.7.1. ENQUADRAMENTO DA INTERVENÇÃO.....	50
3.7.2. TROÇO DO CASAL VENTOSO.....	52
3.7.3. TROÇO INTERMÉDIO	53
3.7.4. TROÇO DO CENTRO AZUL.....	55
3.8. PROTEÇÃO DA ARRIBA NA PRAIA SUL (2015)	56
4. AGITAÇÃO MARÍTIMA E CONSEQUÊNCIAS.....	61
4.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	61
4.2. DEZEMBRO 2016 – JANEIRO 2017.....	61
4.3. FEVEREIRO 2017	63
4.3.1. TEMPESTADE DÓRIS	63
4.3.2. MARÉS VIVAS DE LUA CHEIA.....	67
4.3.3. TEMPESTADE DE 28/02/2017	70
4.3.4. BALANÇO.....	73
4.4. MARÇO 2017	75
4.5. INVERNO 2016/2017	79
4.6. ABRIL 2017.....	81
4.7. MAIO – JUNHO 2017	85
4.8. ALTURAS DE ONDA SIGNIFICATIVAS ASSOCIADAS A DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO	86
4.9. TENDÊNCIAS DE VARIAÇÕES SAZONAIS E INTERANUAIS DE VOLUMES DE AREIA	90

5. CONSIDERAÇÃO DE SOLUÇÕES DE MITIGAÇÃO E PROPOSTA DE INTERVENÇÕES A REALIZAR.....	97
5.1. NOTA INTRODUTÓRIA.....	97
5.2. INTERVENÇÕES PARA A FOZ DE CURSOS DE ÁGUA.....	97
5.3. MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS EXISTENTES	100
5.4. RIPAGENS DE AREIA.....	102
5.5. ESPORÕES VS. QUEBRAMARES DESTACADOS	104
5.5.1. PROPOSTAS EXISTENTES.....	104
5.5.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM ESPORÃO.....	104
5.5.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO.....	115
5.5.4. ARTICULAÇÃO DE SOLUÇÕES	120
5.6. ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE AREIAS.....	122
5.7. SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO SEDIMENTAR DE BARRAS	122
5.8. RELOCALIZAÇÃO DE FRENTES MARÍTIMAS.....	125
5.9. MONITORIZAÇÃO	126
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6.1. SÍNTESE E CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS.....	128
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ANEXO I: PERCEÇÃO DE ELEMENTOS DA POPULAÇÃO	133
ANEXO II: TABELAS-RESUMO DE AÇÕES PREVISTAS/REALIZADAS PARA A PRAIA DO PEDRÓGÃO	139
ANEXO III: TABELAS RESUMO DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE AREIA PREVISTAS/REALIZADAS.....	147
ANEXO IV: PROJETO DE EXECUÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CORDÃO DUNAR NO TROÇO ENTRE O CASAL VENTOSO E O CENTRO AZUL - PEÇAS DESENHADAS - FEVEREIRO DE 2014 (FONTE: APA)	151
ANEXO V: PROJETO DE EXECUÇÃO PARA A EMPREITADA DE REFORÇO DE DUNAS E PROTEÇÃO MARGINAL NA PRAIA DO PEDRÓGÃO A SUL DO PROMONTÓRIO E REABILITAÇÃO DE ACESSOS - PEÇAS DESENHADAS - MAIO DE 2012 (FONTE: APA - ARH CENTRO).....	157
ANEXO VI: MONITORIZAÇÃO DE TEMPESTADES REGISTADAS DURANTE O INVERNO 2016/2017.....	161

ANEXO VII: REGISTOS DA BOIA ONDÓGRAFO DE LEIXÕES.....	169
ANEXO VIII: MONITORIZAÇÃO DA PRAIA DO PEDRÓGÃO ENTRE DEZEMBRO 2016 E JUNHO 2017	181
ANEXO IX: ALTURAS DE ONDA SIGNIFICATIVAS EM FUNÇÃO DO PERÍODO DE RETORNO	195
ANEXO X: EVOLUÇÃO DO AREAL NA PRAIA DO PEDRÓGÃO	217
ANEXO XI: PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM ESPORÃO COMO PROLONGAMENTO DO PROMONTÓRIO	229

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Esquema de localização do litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré (fonte: Cunha et al., 1997)	1
Fig. 2 – Imagem aérea da Praia do Pedrógão (fonte: D. G. Território, 2016)	2
Fig. 3 – Ante-Plano de Urbanização da Praia do Pedrógão de 1964 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	7
Fig. 4 – Estudo Urbanístico da Praia do Pedrógão dos anos 60 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria) ...	8
Fig. 5 – Limites dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (adaptado de: APA, 2017a).....	10
Fig. 6 – Projeto do Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande e Plano de Intervenções e Elementos Complementares (abril de 1998).....	13
Fig. 7 – Planta de Síntese de Elementos Fundamentais do Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande, de outubro de 2000 (fonte: APA, 2017b)	14
Fig. 8 – Localização e prioridades de ações de Defesa Costeira e Zonas de Risco a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)	19
Fig. 9 – Localização e prioridades de ações de Estudos, Gestão e Monitorização a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)	20
Fig. 10 – Localização e prioridades de ações de Planos de Intervenção e Projetos de Requalificação a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)	21
Fig. 11 – Processos condicionantes da linha de costa (fonte: Relatório do GTL, dezembro de 2014)	24
Fig. 12 – Divisão do litoral de Portugal Continental em células sedimentares (fonte: Relatório do GTL, 2014)	25
Fig. 13 – Divisão do litoral de Portugal Continental em troços (fonte: Abecasis, 1997)	26
Fig. 14 – Balanço sedimentar da subcélula 1c: situação de referência (fonte: Relatório do GTL, 2014)	27
Fig. 15 – Definição do balanço sedimentar da subcélula 1c: situação de referência (fonte: Relatório do GTL, 2014)	28
Fig. 16 – Balanço sedimentar da subcélula 1c: situação atual (fonte: Relatório do GTL, 2014)	28
Fig. 17 – Definição do balanço sedimentar da subcélula 1c: situação atual (fonte: Relatório do GTL, 2014)	29
Fig. 18 – Opções de adaptação (fonte: Relatório do GTL, 2014)	30
Fig. 19 – Respostas de adaptação (fonte: Relatório do GTL, 2014)	30
Fig. 20 – Limites dos Programas da Orla Costeira (adaptado de: APA, 2017c)	31
Fig. 21 – Cronograma dos Trabalhos de Revisão (fonte: APA, 2017d).....	32
Fig. 22 – Estrutura do Programa de Execução (fonte: POC-OMG, 2015).....	33
Fig. 23 – Resumo das principais alterações climáticas projetadas para o Município de Leiria até final do séc. XXI (fonte: EMAAC Leiria, 2017)	36
Fig. 24 – Passeio marginal da Praia do Pedrógão: data de execução do paredão que fixou a rua marginal (27/03/2017)	39
Fig. 25 – Plano Geral de Urbanização da Praia de Pedrógão de 1938, por Ernesto Korrodi (fonte: Arquivo Distrital de Leiria)	40
Fig. 26 – Estudo Preliminar para o Plano de Geral de Urbanização do Pedrógão (fonte: Fava, 1984).....	41
Fig. 27 – Plano Diretor Municipal de Leiria: Praia do Pedrógão (fonte: Portal de Informação Geográfica da CM Leiria, 2017)	42
Fig. 28 – Modelo da expansão urbana da Praia do Pedrógão	43
Fig. 29 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Planta (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	44
Fig. 30 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 1 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	44
Fig. 31 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 2 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	44
Fig. 32 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 3 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	45
Fig. 33 – Rua Marginal do Casal Ventoso coberta por areia (28/01/2017)	46
Fig. 34 – Rua Marginal do Casal Ventoso coberta por areia (10/02/2017)	46
Fig. 35 – Localização da ETAR do Pedrógão (fonte: GoogleEarth)	46

Fig. 36 – Reparação de escorrência de águas pluviais na zona central da Praia do Pedrógão, de abril de 1998: Planta (fonte: Arquivo Municipal de Leiria).....	48
Fig. 37 – Erosão da duna na zona de escorrência de águas pluviais: vista de frente para o mar (11/03/2017)	48
Fig. 38 – Erosão da duna na zona de escorrência de águas pluviais: vista de costas para o mar (11/03/2017)	48
Fig. 39 – Praia Sul antes da intervenção: vista de sul (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/10/2001).....	49
Fig. 40 – Praia Sul antes da intervenção: vista de norte (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/10/2001).....	49
Fig. 41 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente e reconstituição do talude (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 06/06/2003)	50
Fig. 42 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 06/06/2003).....	50
Fig. 43 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente e talude, vista de norte (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 10/07/2003).....	50
Fig. 44 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente, talude e apoio de praia, vista de sul (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/07/2003)	50
Fig. 45 – Localização das intervenções a executar (fonte: APA, 2014).....	51
Fig. 46 – Remoção de areia da praia a norte do Pedrógão (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014).....	52
Fig. 47 – Construção de barreira de proteção em areia no Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)	52
Fig. 48 – Troço do Casal Ventoso antes da intervenção: desabamento parcial da rotunda norte (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 12/01/2014)	52
Fig. 49 – Troço do Casal Ventoso antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 18/01/2014).....	52
Fig. 50 – Troço do Casal Ventoso após a intervenção: reconstrução do cordão dunar sobre estrutura de geobags (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 27/01/2015)	53
Fig. 51 – Troço do Casal Ventoso: danos na estrutura de geobags (11/03/2017)	53
Fig. 52 – Troço do Casal Ventoso: danos na estrutura de geobags (27/03/2017)	53
Fig. 53 – Troço Intermédio antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 12/01/2014)	54
Fig. 54 – Troço Intermédio antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 15/02/2014)	54
Fig. 55 – Troço Intermédio após a intervenção: cordão dunar reconstituído e paliçadas para retenção de areias (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 19/03/2015)	54
Fig. 56 – Troço Intermédio após a intervenção: passadiço de acesso à praia (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 15/04/2015)	54
Fig. 57 – Troço Intermédio: danos no cordão dunar e paliçadas (28/02/2017)	54
Fig. 58 – Troço Intermédio: danos no cordão dunar e paliçadas (27/03/2017)	54
Fig. 59 – Troço do Centro Azul antes da intervenção: danos no Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/01/2014)	55
Fig. 60 – Troço do Centro Azul antes da intervenção: danos na foz do ribeiro (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 09/02/2014)	55
Fig. 61 – Troço do Centro Azul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 02/09/2014).....	55
Fig. 62 – Troço do Centro Azul durante a intervenção: construção dos esporões (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 30/09/2014)	55
Fig. 63 – Troço do Centro Azul após a intervenção: foz do ribeiro (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/10/2014)	56
Fig. 64 – Troço do Centro Azul após a intervenção: Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/10/2014)	56
Fig. 65 – Troço do Centro Azul: danos na estrutura aderente (11/03/2017).....	56
Fig. 66 – Troço do Centro Azul: zona da Rua Marginal em risco de ruína (27/03/2017).....	56
Fig. 67 – Localização da intervenção a executar (adaptado de: APA - ARH Centro, 2012)	57
Fig. 68 – Representação da intervenção a executar (fonte: APA - ARH Centro, 2012)	58
Fig. 69 – Praia Sul antes da intervenção: vista de norte (fotografia de: Veloso Gomes, 19/04/2011) .	58

Fig. 70 – Praia Sul antes da intervenção: degradação do troço da estrutura aderente construído em 2003 e do cordão dunar a sul (fotografia de: Veloso Gomes, 19/04/2011)	58
Fig. 71 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 29/04/2015)	59
Fig. 72 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente e rampa de acesso à praia (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 13/06/2015)	59
Fig. 73 – Praia Sul: painel informativo tipo 1 (27/03/2017)	59
Fig. 74 – Praia Sul: painel informativo tipo 2 (02/04/2017)	59
Fig. 75 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (02/02/2017)	59
Fig. 76 – Praia Sul: danos no corrimão da rampa de acesso à praia (28/02/2017)	59
Fig. 77 – Alturas de onda máxima e significativa: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	62
Fig. 78 – Períodos máximo e médio: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	62
Fig. 79 – Direções da ondulação: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	63
Fig. 80 – Alturas de onda máxima e significativa: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico) ...	64
Fig. 81 – Períodos máximo e médio: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico)	64
Fig. 82 – Direções da ondulação: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico)	65
Fig. 83 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de geobags destruído (02/02/2017)	66
Fig. 84 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de geobags reconstruído (05/02/2017)	66
Fig. 85 – Praia Norte: danos na estrutura aderente (05/02/2017)	66
Fig. 86 – Praia Norte: passeio vedado (05/02/2017)	66
Fig. 87 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (02/02/2017)	66
Fig. 88 – Alturas de onda máxima e significativa: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	67
Fig. 89 – Períodos máximo e médio: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	68
Fig. 90 – Direções da ondulação: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	68
Fig. 91 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de geobags destruído (10/02/2017)	69
Fig. 92 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (10/02/2017)	69
Fig. 93 – Alturas de onda máxima e significativa: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	70
Fig. 94 – Períodos máximo e médio: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	71
Fig. 95 – Direções da ondulação: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	71
Fig. 96 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de geobags galgado e destruído (28/02/2017)	72
Fig. 97 – Praia Norte: estrutura aderente após desabamento na zona da foz do ribeiro (28/02/2017)	72
Fig. 98 – Praia Norte: paliçadas parcialmente destruídas (28/02/2017)	73
Fig. 99 – Praia Central: paliçadas parcialmente destruídas (28/02/2017)	73
Fig. 100 – Praia Central: bar atingido pelo mar (28/02/2017)	73
Fig. 101 – Praia Norte: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)	73
Fig. 102 – Praia Central: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)	73
Fig. 103 – Praia Central: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)	73
Fig. 104 – Alturas de onda máxima e significativa: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	74
Fig. 105 – Períodos máximo e médio: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	74
Fig. 106 – Direções da ondulação: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	75
Fig. 107 – Alturas de onda máxima e significativa: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	77
Fig. 108 – Períodos máximo e médio: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	77
Fig. 109 – Direções da ondulação: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	78
Fig. 110 – Praia Central: falta de areia a norte do promontório (11/03/2017)	78
Fig. 111 – Praia Central: reposição natural de areia a norte do promontório (27/03/2017)	78
Fig. 112 – Alturas de onda máxima e significativa: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	79
Fig. 113 – Períodos máximo e médio: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	80
Fig. 114 – Direções da ondulação: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	80
Fig. 115 – Arte xávega: preparação do barco e das redes (14/04/2017)	81
Fig. 116 – Alturas de onda máxima e significativa: abril 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	82
Fig. 117 – Períodos máximo e médio: abril 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	82
Fig. 118 – Direções da ondulação: abril (fonte: Instituto Hidrográfico)	83
Fig. 119 – Praia Norte: reforço do talude junto à foz do ribeiro (02/04/2017)	83
Fig. 120 – Praia Central: reforço do talude (02/04/2017)	83

Fig. 121 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de geobags reconstruído (14/04/2017).....	84
Fig. 122 – Praia Norte: reforço do talude junto à rotunda norte da rua marginal (22/04/2017)	84
Fig. 123 – Rampa de acesso à arte xávega antes da intervenção (02/04/2017).....	84
Fig. 124 – Rampa de acesso à arte xávega após intervenção (14/04/2017).....	84
Fig. 125 – Praia Central: falta de areia a norte do promontório (02/04/2017).....	84
Fig. 126 – Praia Central: reposição natural de areia a norte do promontório (22/04/2017).....	84
Fig. 127 – Praia Central (08/05/2017)	85
Fig. 128 – Praia Central (25/05/2017)	85
Fig. 129 – Praia Central: trabalhos de preparação do areal (05/06/2017)	85
Fig. 130 – Praia Central: talude de areia após intervenção (17/06/2017).....	85
Fig. 131 – Praia Central (05/06/2017)	86
Fig. 132 – Praia Central (18/06/2017)	86
Fig. 133 – Alturas de onda máxima e significativa: 1999 a 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	86
Fig. 134 – Praia da Figueira da Foz nos anos 50-60 (fotografia de: Ventura Tomaz)	92
Fig. 135 – Praia da Figueira da Foz em 2012 (fonte: A Terceira Dimensão).....	92
Fig. 136 – Tendências das variações sazonais e interanuais de volumes de areia em praias	93
Fig. 137 – Variação do desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório da Praia do Pedrógão entre 1958 e 2016.....	95
Fig. 138 – Dooagh: praia rochosa (fonte: Achill Island Tourism, março 2017)	96
Fig. 139 – Dooagh: praia com areal extenso (fonte: Achill Island Tourism, maio 2017).....	96
Fig. 140 – Praia de Paredes da Vitória: muro de gabiões (05/06/2017)	98
Fig. 141 – Praia de Paredes da Vitória: estrutura longitudinal aderente (05/06/2017)	98
Fig. 142 – Praia de Paredes da Vitória: movimentações de areias na foz da ribeira (05/06/2017).....	98
Fig. 143 – Praia da Ínsua: teste da bomba utilizada no enchimento dos geocilindros (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)	99
Fig. 144 – Praia da Ínsua: colocação de um geocilindro (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)	99
Fig. 145 – Praia do Pedrógão: cabeça do esporão norte para fixação da foz do ribeiro (11/03/2017)	99
Fig. 146 – Praia do Pedrógão: talude de areia sobre estrutura longitudinal aderente na zona da foz do ribeiro (22/04/2017)	99
Fig. 147 – Praia do Pedrógão: cardo (<i>Eryngium maritimum</i>) presente no cordão dunar (25/05/2017)	100
Fig. 148 – Praia do Pedrógão: hamófila (<i>Ammophila arenaria</i>) presente no cordão dunar (25/05/2017)	100
Fig. 149 – Praia da Ínsua: hamófila (<i>Ammophila arenaria</i>) presente no cordão dunar (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)	100
Fig. 150 – Degradação do troço inicial da estrutura aderente da Praia Sul (25/05/2017)	101
Fig. 151 – Coroamento da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (02/04/2017).....	101
Fig. 152 – Acumulação natural de areias ao longo do coroamento da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (02/04/2017).....	102
Fig. 153 – Acumulação natural de areias ao longo do talude da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (05/06/2017).....	102
Fig. 154 – Escavadora a remover areia durante a baixa-mar e a carregar dumper (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)	103
Fig. 155 – Dumper a transportar areia até ao local desejado (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014).....	103
Fig. 156 – Dumper a depositar areia no local desejado (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014).....	103
Fig. 157 – Bulldozer a compor areia de modo a fortalecer o talude de proteção (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)	103
Fig. 158 – Praia Central: paliçadas para retenção de areia (14/04/2017)	104
Fig. 159 – Praia Central: estrado em madeira para passagem pedonal (28/01/2017)	104
Fig. 160 – Planta de implantação de esporão em "I" para a hipótese de 100 m de comprimento	105
Fig. 161 – Planta de implantação de esporão em "L" para a hipótese de 100 m de comprimento	106
Fig. 162 – Perfis transversais tipo para quebra-mares de taludes dentro da zona de rebentação (fonte: SPM, 1984).....	107
Fig. 163 – Hipsometria da Praia do Pedrógão (adaptado de: LIDAR 2011 / DGT-POVT)	108
Fig. 164 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço C	113

Fig. 165 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço E	114
Fig. 166 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Cabeça.....	114
Fig. 167 – Estimativa de custo de um esporão em função do seu comprimento	115
Fig. 168 – Representação esquemática em planta e em perfil da solução em geotubos implementada na praia de Young-Jin, Coreia do Sul (fonte: Carmo, 2014, adaptado de Oh e Shim, 2006)	116
Fig. 169 – Planta de implantação de quebramar destacado contínuo com 150 m de comprimento..	117
Fig. 170 – Planta de implantação de quebramar destacado descontínuo (dois módulos) com 150 m de comprimento (2 x 75 m)	118
Fig. 171 – Estimativa de custo de um quebramar destacado em função do seu comprimento	120
Fig. 172 – Costa da Caparica: zonas de intervenção propostas (fonte: Carvalho, 2016)	121
Fig. 173 – Representação esquemática do sistema by-pass do rio Tweed (fonte: Acworth a Lawsow, 2011)	123

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Planos de Ordenamento da Orla Costeira (fonte: APA, 2017a)	10
Quadro 2 – Objetivos temáticos e transversais (fonte: ENGIZC, 2007)	16
Quadro 3 – Alterações climáticas, impactos associados e medidas de adaptação a implementar no litoral português (fonte: Santos, 2012)	17
Quadro 4 – Tipologias de intervenção e respetivos critérios de prioridade (fonte: PAPVL 2012-2015, 2012)	18
Quadro 5 – Programas da Orla Costeira (fonte: APA, 2017c)	31
Quadro 6 – Alimentações artificiais de areia previstas no POC-OMG (2015): totais por Concelhos... 34	
Quadro 7 – Principais fatores condicionantes e potenciadores da implementação das opções de adaptação para a zona costeira do Município de Leiria (fonte: EMAAC Leiria, 2017)	37
Quadro 8 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 02/02/2017 a 04/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	65
Quadro 9 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 10/02/2017 a 12/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	69
Quadro 10 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 26/02/2017 a 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	72
Quadro 11 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 20/03/2017 a 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)	76
Quadro 12 – Máximos anuais das alturas de onda significativas (H_{m0}) registadas pela boia ondógrafo de Leixões (fonte: Instituto Hidrográfico)	87
Quadro 13 – Série 1996-2016: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)	88
Quadro 14 – Série 1996-2016: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)	88
Quadro 15 – Série 1996-2016 (corrigida): alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)	89
Quadro 16 – Série 1996-2016 (corrigida): alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)	89
Quadro 17 – Série 1996-2017: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)	89
Quadro 18 – Série 1996-2017: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)	90
Quadro 19 – Taxas médias de variação da linha de água nas praias a sul da Figueira da Foz entre 1991 e 1997 (fonte: Cunha et al., novembro de 1997)	94
Quadro 20 – Taxas médias de variação da linha de água nas praias a sul da Figueira da Foz entre 2009 e 2015 (adaptado de: André et al., 2016)	94
Quadro 21 – Desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório da Praia do Pedrógão entre 1958 e 2016	95
Quadro 22 – Peso volúmico dos materiais	109
Quadro 23 – Valores de coeficientes de estabilidade (fonte: Pita, 1986)	109
Quadro 24 – Valores de coeficientes de estabilidade para cubos de betão (fonte: CEM, 2006)	109
Quadro 25 – Valores de coeficiente de estabilidade para blocos de enrocamento (fonte: LNEC)	109
Quadro 26 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: blocos de calcário denso com talude 2:1	110
Quadro 27 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão com talude 2:1	110
Quadro 28 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 2:1	111
Quadro 29 – Estimativa de custo de blocos de enrocamento (calcário denso) por gama de pesos..	111
Quadro 30 – Estimativa de custo de cubos de betão de alta densidade por gama de pesos.....	112
Quadro 31 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas do quebramar destacado em função do material: talude 2:1	119

ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

AdCL – Águas do Centro Litoral

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AR5 – Quinto Relatório de Avaliação

ARH – Administração de Região Hidrográfica

CA – Comissão de Acompanhamento

CCDR – Comissões de Coordenação de Desenvolvimento do Centro

CM Leiria – Câmara Municipal de Leiria

COMASO – Coastal Management Solutions

DRAOT – Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território

EMAAC – Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas

ENGIZC – Estratégia Nacional para a Gestão Integrada das Zonas Costeiras

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Fig. – Figura

GNR – Guarda Nacional Republicana

GTL – Grupo de Trabalho do Litoral

INAG – Instituto da Água

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera

LBPSOTU – Lei de Bases Gerais de Política Pública de Solos, Ordenamento do Território e de Urbanismo

N – Norte

NW – Noroeste

PAPVL – Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral

PDM – Plano Diretor Municipal

PGU – Plano Geral de Urbanização

PIB – Produto Interno Bruto

PM – Preia Mar

PMAV – Preia Mar de Águas Vivas

POC – Programa da Orla Costeira

POC-OMG – Programa da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande

POOC – Plano de Ordenamento da Orla Costeira

PP – Plano de Pormenor

RJIGT – Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial

séc. – Século

SIMLis – Sistema Integrado dos Municípios do Lis

TOT – *tout-venant* (material granular não selecionado)

UOPG – Unidade Operativa de Planeamento e Gestão

W – Oeste

ZH – Zero Hidrográfico

SÍMBOLOS

γ	– peso volúmico do material dos blocos [kN/m ³]
γ_w	– peso volúmico da água salgada [kN/m ³]
θ	– ângulo de inclinação do talude [rad.]
A	– área [m ²]
d	– profundidade [m]
e	– índice de área ocupada [-]
e_Δ	– dimensão característica dos blocos [-]
H	– altura de onda de projeto [m]
H_{m0}	– altura de onda significativa calculada pelo método espectral [m]
H_{max}	– altura de onda máxima [m]
H_s	– altura de onda significativa [m]
K_Δ	– coeficiente de forma dos blocos [-]
K_D	– coeficiente de estabilidade dos blocos [-]
N	– número de blocos [-]
T_z	– período médio [s]
T_{max}	– período máximo [s]
W	– peso dos blocos [kN]
Z	– cota em relação ao zero hidrográfico [m]

1. INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO GERAL E OBJETIVOS

A Praia do Pedrógão, pertencente à Freguesia do Coimbrão, é a única estância balnear do Concelho de Leiria. A vila do Pedrógão está rodeada pelo Pinhal de Leiria, a cerca de 7 km da Lagoa da Ervideira. Conforme ilustra a Figura 1, a Praia do Pedrógão situa-se a entre a Figueira da Foz (a norte) e a Nazaré (a sul).

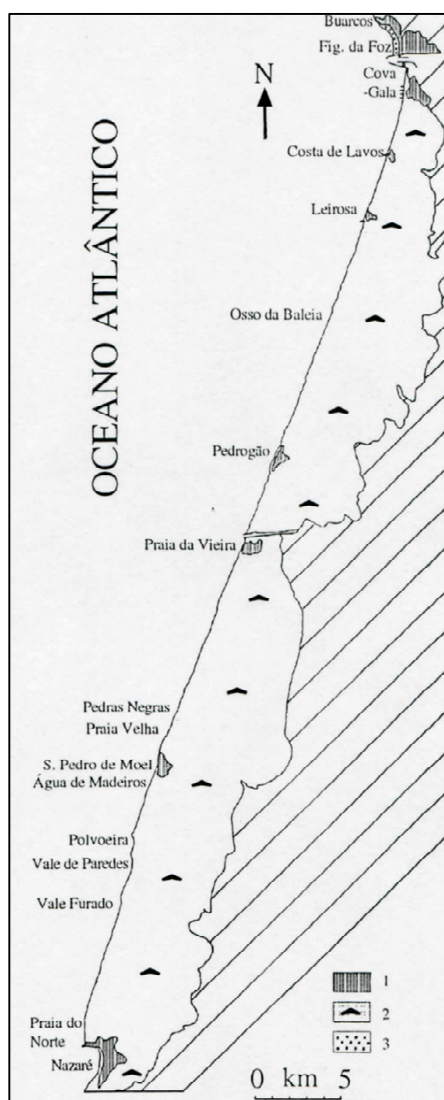


Fig. 1 – Esquema de localização do litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré (fonte: Cunha *et al.*, 1997)

Considerando o areal existente desde a Praia Norte (Casal Ventoso) até à Praia Sul, a Praia do Pedrógão tem uma extensão de cerca de 2 km, em que o areal é interrompido por um pequeno promontório, o qual deu origem ao nome desta praia. Segundo André e Cordeiro (1999), o mesmo consiste num afloramento rochoso de calcários do Jurássico Médio e Superior. Na Figura 2 é apresentada uma vista aérea da Praia do Pedrógão.

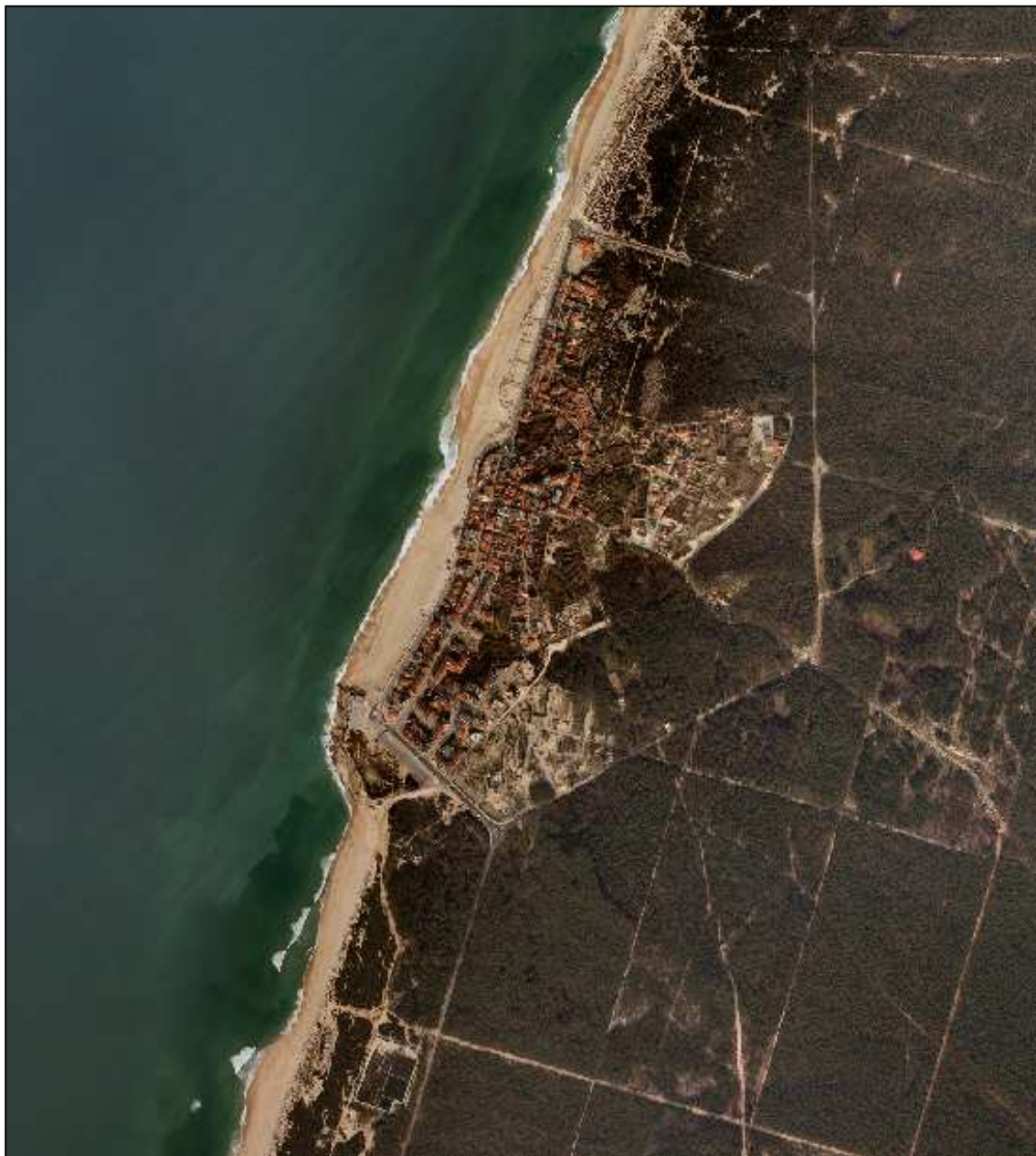


Fig. 2 – Imagem aérea da Praia do Pedrógão (fonte: D. G. Território, 2016)

Conforme descrito no Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio, Portugal Continental possui, aproximadamente, 980 km de linha de costa, ao longo dos quais se distribui 75 % da população e onde se concentra 85 % do PIB nacional. Concordante com estes valores, Correia (2014) descreve a orla costeira de Portugal da seguinte forma:

“A orla costeira de Portugal é, seguramente, um dos patrimónios mais importantes do País. E é um património importante em muitas dimensões. A dimensão ambiental e paisagística é, com certeza, muito significativa, mas o valor económico que lhe está associado reveste-se também de uma importância absolutamente excecional. Convém ainda não esquecer as dimensões imateriais ou dificilmente quantificáveis. O mar e a costa são marcas profundamente enraizadas na nossa identidade e na nossa cultura, além de que a qualidade de vida e o lazer de milhões de portugueses deles depende.”

O Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio, contabiliza, ainda, que 26 % do litoral português está ocupado por construções (uso urbano, turístico ou industrial), que 14 % da linha de costa está artificializada com obras de defesa (esporões, obras aderentes, etc.) ou com infraestruturas portuárias e que 25 % da linha de costa é afetada por problemas de erosão costeira, tendo sido investidos cerca de 122 000 000 € em infraestruturas de defesa, durante as últimas décadas.

Estes valores são elucidativos da problemática verificada na costa portuguesa: por um lado, é uma zona atrativa para vários setores (habitação, turismo, indústria, etc.) e capaz de gerar riqueza, por outro lado, e por se tratar de uma zona instável devido às dinâmicas e constantes mudanças geomorfológicas a que está sujeita, trata-se de uma zona de risco, que cada vez mais tem obrigado a investimentos.

No âmbito desta problemática, esta dissertação pretende analisar os problemas decorrentes da erosão costeira, tendo como base o caso da Praia do Pedrógão. Assim, esta dissertação propõe os seguintes objetivos:

- Avaliação do histórico de problemas erosivos no Pedrógão;
- Síntese das intervenções efetuadas e previstas (novo POC e PAPVL);
- Caracterização da situação atual e acompanhamento das tempestades do inverno 2016/2017;
- Consideração de alternativas e combinação de alternativas de intervenção de mitigação;
- Comparação e avaliação de alternativas;
- Apresentação de propostas a implementar.

1.2. METODOLOGIA E ESTRUTURA DO DOCUMENTO

De modo a dar resposta aos objetivos propostos, foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- Deslocações frequentes à Praia do Pedrógão, entre dezembro de 2016 e junho de 2017, de modo a documentar fotograficamente a evolução da praia;
- Reuniões e recolha de documentação diversa junto da Câmara Municipal de Leiria (CM Leiria) e Agência Portuguesa do Ambiente (APA);
- Investigação e recolha de documentação no Arquivo Municipal de Leiria e no Arquivo Distrital de Leiria;
- Conversas com atores locais e com diversas ligações ao Pedrógão, de modo a compreender a evolução da povoação e a perceber quais as diferentes opiniões;
- Recolha bibliográfica relacionada com o tema;
- Deslocações a outras praias, de modo a observar intervenções executadas ou em curso.

O desenvolvimento destas atividades permitiu que este documento fosse estruturado em 6 capítulos e 11 anexos.

O Capítulo 1: Introdução – apresenta o enquadramento geral do tema, os objetivos propostos, a metodologia adotada, a estrutura do documento e o enquadramento histórico da Praia do Pedrógão.

O Capítulo 2: Planos, Programas e Estratégias para a Orla Costeira – refere-se à análise dos diferentes documentos existentes sobre a gestão da orla costeira, dando principal relevo à análise das medidas propostas para a Praia do Pedrógão. Neste capítulo são analisados o POOC Ovar – Marinha Grande, a ENGIZC, o PAPVL 2012-2015, o Relatório do GTL, o POC-OMG e a EMAAC Leiria.

O Capítulo 3: Histórico de Intervenções Realizadas – inclui um resumo das principais intervenções realizadas na Praia do Pedrógão e qual a sua situação atual.

O Capítulo 4: Agitação Marítima e Consequências – apresenta o registo da agitação marítima para a costa oeste de Portugal Continental, entre dezembro de 2016 e junho de 2017, mostrando quais as consequências verificadas na Praia do Pedrógão. Este capítulo apresenta, também, um estudo sobre quais as alturas de onda significativas expectáveis associadas a diferentes períodos de retorno e, ainda, um estudo sobre quais as possíveis tendências de variações sazonais e interanuais de volumes de areia em praias.

O Capítulo 5: Consideração de Soluções de Mitigação e Proposta de Intervenções a Realizar – incide sobre a análise das diferentes soluções de defesa costeira possíveis, com exemplos a nível nacional e internacional, e a apresentação de soluções diversas a implementar na Praia do Pedrógão.

O Capítulo 6: Conclusão – apresenta uma síntese e considerações finais do trabalho e, ainda, a sugestão de desenvolvimentos futuros de modo a dar continuidade ao tema.

O Anexo I: Perceção de Elementos da População – tem o resumo das opiniões e outras informações obtidas através de encontros com atores locais, com diferentes ligações à Praia do Pedrógão.

O Anexo II: Tabelas-Resumo de Ações Previstas/Executadas para a Praia do Pedrógão – apresenta o resumo das várias ações previstas e/ou executadas na Praia do Pedrógão, segundo o POOC Ovar – Marinha Grande, o PAPVL 2012-2015, o POC-OMG e a EMAAC Leiria. Para cada intervenção é indicado o valor previsto e/ou executado, o nível de prioridade e qual o estado atual da intervenção ou qual a previsão de execução.

O Anexo III: Tabelas-Resumo de Alimentações Artificiais de Areia Previstas/Realizadas – inclui o resumo das várias alimentações artificiais de areia realizadas em Portugal, segundo os POOC e o PAPVL 2012-2015, indicando o valor previsto e/ou executado e qual o nível de prioridade. É, também, apresentado um resumo das alimentações artificiais de areia propostas pelo POC-OMG, indicando o valor previsto e qual a previsão de execução.

O Anexo IV: Projeto de Execução para a Proteção do Cordão Dunar no Troço entre o Casal Ventoso e o Centro Azul – divulga peças desenhadas da intervenção de emergência executada na Praia do Pedrógão em 2014, pela APA.

O Anexo V: Projeto de Execução para a Empreitada de Reforço de Dunas e Proteção Marginal na Praia a Sul do Promontório e Reabilitação de Acessos – apresenta peças desenhadas da intervenção executada na Praia do Pedrógão em 2015, conforme previsto no POC-OMG, pela APA – ARH Centro.

O Anexo VI: Monitorização de Tempestades Registadas durante o Inverno 2016/2017 – através de imagens documenta a origem e a severidade da agitação marítima das três maiores tempestades que atingiram a costa portuguesa durante o inverno 2016/2017.

O Anexo VII: Registos da Boia Ondógrafo de Leixões – apresenta o registo da boia ondógrafo de Leixões durante as três maiores tempestades que atingiram a costa portuguesa durante o inverno 2016/2017.

O Anexo VIII: Monitorização da Praia do Pedrógão entre dezembro de 2016 e junho de 2017 – refere-se ao registo fotográfico da Praia do Pedrógão, a partir de vários pontos da praia, que mostra a evolução do areal entre dezembro de 2016 e junho de 2017.

O Anexo IX: Alturas de Onda Significativas em Função do Período de Retorno – apresenta a metodologia de cálculo utilizada no estudo realizado sobre quais as alturas de onda significativas expectáveis associadas a diferentes períodos de retorno e um conjunto de gráficos e tabelas com os vários valores obtidos.

O Anexo X: Evolução do Areal na Praia do Pedrógão – inclui um conjunto de imagens aéreas da Praia Norte, Praia Central e Praia Sul do Pedrógão, que mostram a evolução do areal entre 2003 e 2012.

O Anexo XI: Pré-Dimensionamento de Um Esporão como Prolongamento do Promontório da Praia do Pedrógão – apresenta imagens esquemáticas, em planta, para diferentes soluções possíveis de um esporão como prolongamento do promontório da Praia do Pedrógão, conforme proposto no POC-OMG. São, também, apresentadas tabelas com valores obtidos para as várias hipóteses analisadas e a proposta de secções transversais tipo para uma solução de um esporão em “L” com 150 m de comprimento.

1.3. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Os relatos mais antigos acerca do Pedrógão podem ser encontrados numa compilação de Gomes (2009). Numa notícia elaborada em 1721, pelo pároco da freguesia da Coimbrão, em resposta a solicitação da Academia Real Portuguesa da História, é mencionada a existência de ruínas de uma antiga vila com o nome de Pedrogão. Segundo a descrição desta notícia, esta vila teria uma localização próxima da atual, situada perto da Lagoa da Ervedeira, e estando rodeada pelo Pinhal de Leiria e por um vasto areal. É, ainda, descrito que outrora a foz do rio Lis seria neste local, sendo este navegável por grandes embarcações até Monte Real. Hoje em dia a foz do rio Lis localiza-se na Praia da Vieira, cerca de 5 km a sul do Pedrógão, sendo apenas navegável por pequenos barcos. Os blocos de calcário utilizados na construção dos molhes do rio Lis foram extraídos do promontório da Praia do Pedrógão, existindo no local uma depressão resultante dessa exploração, onde hoje existe um parque infantil, mandado instalar pela CM Leiria.

“As noticias desta Freguesia de S. Miguel do Coimbrão deste Bispado de Leiria que se podem dar para a Academia Real da Historia Portuguesa são as seguintes:

(...)

No lugar da Ervedeira desta dita Freguesia está huma hermidã da invocação de S. Tiago e no portal da porta está o anno 1672, no qual anno, dizem, os moradores mudarão a dita hermidã lá de perto do mar, aonde esteve a antiga Ervedeira e hoje são vastissimos areais. E junto da mesma Ervedeira está huma lagoa que tem mais de hum quarto de legoa de comprido e quasi outro tanto de largo e de fundo sete ou oito brassas; e dizem, por tradição muito antiga, que ali foi huma cidade que se fundio e dentro da mesma lagoa, e fora della, há ainda vestigios de cazas e alicerces, donde se tem tirado muita quantidade de pedra; mas as áreas vão cobrindo tudo.

Tãobem na praya do mar, que fica defronte deste lugar do Coimbrão e dista daqui legoa e meya, estão as ruinas de huma villa que chamavão Pedrogão; e ao pé se vê ainda parte de huma grande ponte por onde, dizem, entravão embarcações grandes e pequenas, que indo pello rio asima, que vem de Leiria, chegavão aonde ainda chamão o Porto da Caravella, junto a Monte Real. E agora dista da

Fos em que o rio se mete no mar mais de hum grande legoa da dita Ponte; e tudo são montes altissimos de áreas. E aqui me affirmão que ainda no cartorio do concelho de Monte Real se achão sentenças dadas na dita villa do Pedrogão.

Estas são as noticias mais notaveis que posso dar desta Freguesia e lemites della porque o mais tudo são pinhais e areas.

Coimbrão e de Junho 5 de 1721.

(Ass.) O Cura Manuel Antunes Brandão.”

Apesar dos poucos registos existentes, há ainda o conhecimento da povoação de Parades, que também terá existido neste mesmo local. Esta pequena povoação terá sido completamente destruída pelo terramoto de 1755 e consequente maremoto.

Numa Memória Paroquial de 1758 relativa à freguesia do Coimbrão, aparece a referência à vila de Entanvim, situada no mesmo local da atual Praia do Pedrógão.

“1 – Fica na Provincia da Estremadura [Emendado de “Beira Baixa”], perto do mar, lego e meya. Pertencente ao Bispado, Comarca, Termo da cidade de Leyria.

(...)

24 – Nam tem porto de mare, nem hé capaz de o ter pelas muntas áreas que sahem do mare; posto que haja alguma tradição que antigamente o fora no rio que sahe do Campo para o mare, entre esta Freguezia e [a] da Vieyra, em tempo que sahia mais para Norte, o qual se cegou com as areas e esteve o Campo alagado alguns anos athe que de la se fazere e arromper-se o Campo que estava em pauis. Porem de ser porto se nam sabe senam por tradiçam. Em o Rio Real do Campo, legoa e meya desviado do mare, se chama ainda hoje hum ponte de pao que tem junto ao lugar de Cravide, Ponte da Caravella. E mais asima junta de Monte Real, Porto de Barquo. E tambem consta por tradiçam havia nesse tempo hum villa ou lugar junto ao mar chamada de villa de Entanvim, de que parece dam ainda noticia os forais do mesmo tempo.

(...)

Posto hé o que poso fielmente informar,

Coimbram, de Abril 6 de 1758 anos.

(Ass.) O Cura Antonio Pereira.”

O início da vila do Pedrógão, como é hoje conhecida, terá ocorrido em 1836 com o estabelecimento da 1ª Companhia. Atualmente, a tradição da arte xávega ainda está presente, existindo 2 Companhas.

Através destes relatos é possível compreender que esta é uma zona morfologicamente instável, com grandes movimentações de areias associadas. Até a foz do rio Lis ser fixada, este formava meandros por entre os cordões dunares que se estendem ao longo da costa, nesta zona. Apesar de não existirem registos que permitam confirmar, há quem defenda que a foz chegou a situar-se na Praia do Osso da Baleia, cerca de 15 km a norte da sua localização atual, na Praia da Vieira.

É importante analisar o perfil da costa portuguesa compreendido entre a Figueira da Foz e S. Pedro de Moel. Nesta extensão da orla costeira, não existe nenhuma proteção natural contra a agitação marítima, à exceção do pequeno promontório do Pedrógão, sendo as cotas topográficas baixas. No caso da ocorrência de eventos extremos, como foi o caso do terramoto de 1755, toda esta zona é suscetível a ser inundada e a sofrer danos elevados. Apesar dos efeitos deste terramoto, e consequente

maremoto, não terem sido tão acentuados na zona do Pedrógão como foi na zona de Lisboa, os relatos dão conta da devastação causada com a destruição total de povoações aqui existentes.

Por outro lado, sendo a única estância balnear do Concelho de Leiria, há o interesse de aproveitar as potencialidades que o mar oferece. Para além da pesca, principal fator para a fixação de uma população neste local, há o interesse turístico.

No caso da pesca, à tradição da arte xávega, que apenas é possível em períodos de agitação marítima reduzida (normalmente entre abril e outubro), junta-se a pesca com cana, que é praticada ao longo de todo o ano.

No que toca ao turismo, o Pedrógão tem maior afluência durante a época balnear. Este fator beneficia o comércio local, como é o caso dos cafés/bares existentes ao longo da praia, e os habitantes locais que arrendam apartamentos a turistas durante este período. Com o intuito de promover eventos sociais para dinamizar o Pedrógão e de manter o fluxo turístico fora da época balnear, têm sido várias as propostas ao longo do tempo, mas nem todas têm sido aprovadas, por razões diversas.

Nos anos 50 do séc. XX, foi inaugurado um local de convívio na frente marginal do Pedrógão, intitulado de Casino, pela Sociedade de Defesa e Propaganda da Praia do Pedrógão. Esta sociedade, fundada a 17 de setembro de 1931, foi responsável por diversas intervenções e atividades que contribuíram para o crescimento do Pedrógão. Durante os anos 60 do séc. XX, esteve prevista a construção de uma pousada com piscinas, à semelhança das executadas em S. Pedro de Moel, no promontório. Mais recentemente, foi proposta a construção de campos de golfe e de um hipódromo, em terrenos das Matas Nacionais, adjacentes ao Pedrógão. No entanto, nenhuma destas ações foi aprovada. Na Figura 3 apresenta-se o Ante-Plano do Plano de Urbanização do Pedrógão, de 1964, que mostra a localização do Casino e o loteamento da frente marginal da zona a norte do promontório. Na Figura 4 apresenta-se o Estudo Urbanístico da Praia do Pedrógão, dos anos 60 do séc. XX, que prevê a construção da pousada e das piscinas.

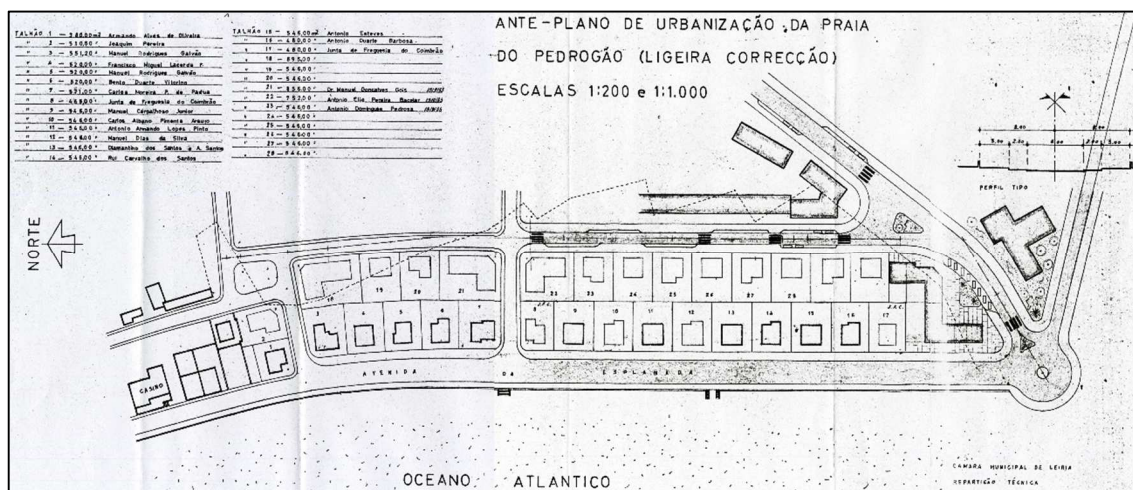


Fig. 3 – Ante-Plano de Urbanização da Praia do Pedrógão de 1964 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

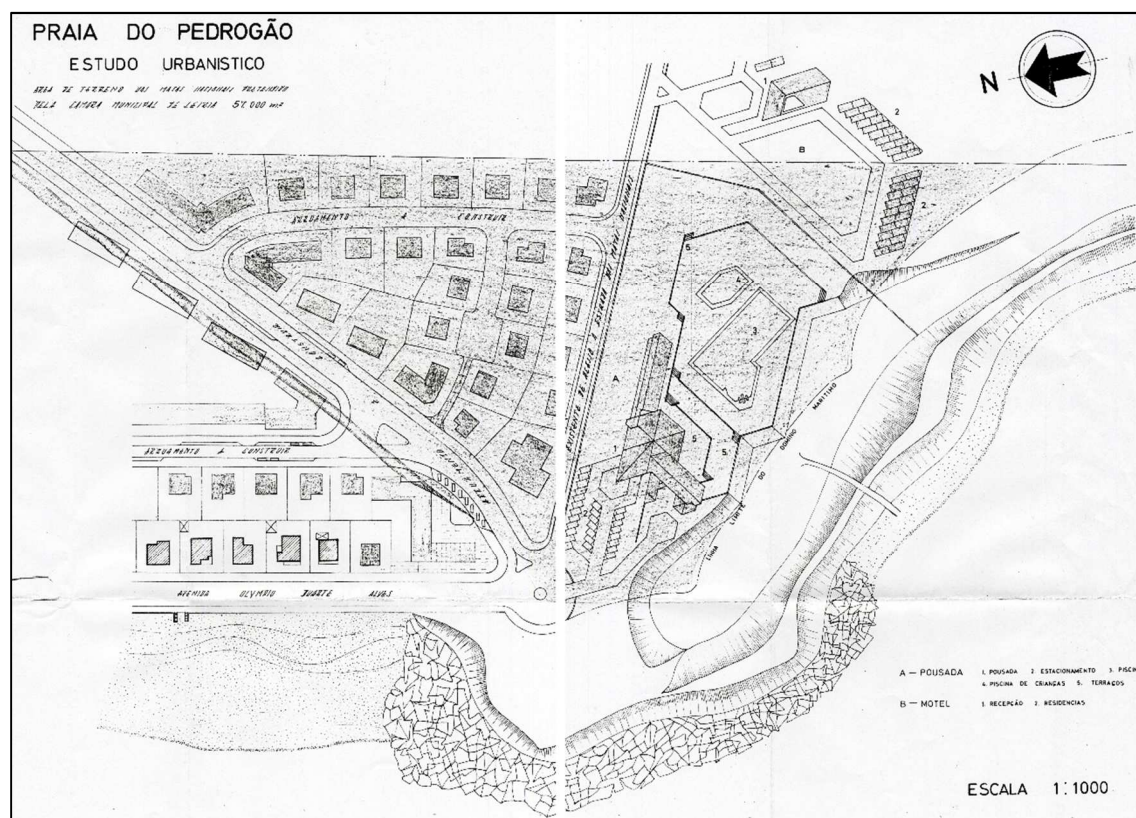


Fig. 4 – Estudo Urbanístico da Praia do Pedrógão dos anos 60 (fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

Em termos desportivos, durante a época balnear a principal atração para os jovens da região são os campeonatos de andebol de praia, sendo a Praia do Pedrógão palco de uma das etapas. Durante uma semana, a praia regista um aumento do fluxo, devido aos participantes e espectadores.

A Praia do Pedrógão está, também, servida pelo Percorso Leiriense da Ciclovía da Estrada Atlântica, implementado pela CM Leiria. Este troço tem uma extensão de aproximadamente 12 km, tendo como fronteira a norte o troço do concelho de Pombal e a sul os troços do concelho da Marinha Grande. Este percurso, paralelo ao mar, atravessa o Pinhal de Leiria, junto à costa, passando pela Lagoa da Ervideira.

Nas últimas décadas, a prática de desportos como o *surf* e o *bodyboard* tem vindo a ser fortemente explorada ao longo de praticamente toda a costa portuguesa. Na região de Leiria, destacam-se os casos da Nazaré e de Peniche, que também tiveram origem em comunidades piscatórias, são hoje uma referência a nível mundial, em termos de desportos de ondas. Outros casos mais próximos do Pedrógão, como a Figueira da Foz ou S. Pedro de Moel, têm, também uma forte tradição na prática destes desportos. O mesmo não se verifica no Pedrógão, devido à menor qualidade das ondas que esta praia oferece. No entanto, a Praia do Pedrógão apresenta excelentes condições para a prática de *kitesurf* e *windsurf*, que podem ser potenciadas. Estes, e outros desportos relacionados com o mar, são extremamente atrativos, tanto para os praticantes como para espectadores, e capazes de manter um fluxo de utentes constante ao longo de todo o ano.

2. PLANOS, PROGRAMAS E ESTRATÉGIAS PARA A ORLA COSTEIRA

2.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo apresenta uma síntese dos principais documentos relativos à gestão da orla costeira portuguesa e de interesse para a Praia de Pedrógão: Plano de Ordenamento da Orla Costeira (POOC), Estratégia Nacional para a Gestão Integrada das Zonas Costeiras (ENGIZC), Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral (PAPVL), Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral (GTL) e Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas (EMAAC).

Para cada documento, é apresentado o âmbito, bem como os objetivos e soluções propostas, dando especial destaque às intervenções a executar na Praia do Pedrógão. Estas intervenções foram analisadas, tendo sendo feito um balanço acerca da situação atual das intervenções previstas pelos diversos documentos.

2.2. PLANO DE ORDENAMENTO DA ORLA COSTEIRA

2.2.1. ÂMBITO

Conforme descrito na página da APA (2017a), a elaboração dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (POOC) é da responsabilidade do ex-Instituto da Água (INAG), podendo ser delegada nas Regiões Hidrográficas, nos termos da Lei da Água e dos estatutos do INAG. A sua implementação é da responsabilidade das Regiões Hidrográficas, Comissões de Coordenação de Desenvolvimento Regional (CCDR), Municípios e outras entidades indicadas no Plano de Execução e no Plano de Financiamento. A sua fiscalização é da responsabilidade das Administrações de Região Hidrográfica (ARHs), Municípios e de outras entidades competentes.

Os POOC têm como objetivo melhorar, valorizar e gerir os recursos do litoral português. Assim, de modo a salvaguardar e proteger a orla costeira, garantindo um desenvolvimento sustentável, estes instrumentos definem: as atividades proibidas, condicionadas e permitidas nas áreas emersa e imersa; as medidas de proteção, conservação e valorização da orla costeira; as intervenções, propostas e/ou a realizar, de soluções de defesa costeira, transposição de sedimentos e reforço do cordão dunar; as propostas e especificações técnicas de ações de emergência para zonas vulneráveis e de risco; os planos de monitorização.

Os POOC englobam uma zona terrestre, que consiste numa faixa ao longo da costa, com um máximo de 500 m medidos a partir do limite das águas do mar, e uma zona marítima, que consiste numa faixa medida até à batimétrica dos 30 m, excluindo áreas sob jurisdição portuária.

Em Portugal Continental há nove POOC em vigor, que abrangem toda a orla costeira, excluindo as áreas sob jurisdição portuária. Estes Planos estão em fase de revisão. A delimitação dos POOC segundo as Regiões Hidrográficas existentes está sumarizada no Quadro 1 e de acordo com a Figura 5.

Quadro 1 – Planos de Ordenamento da Orla Costeira (fonte: APA, 2017a)

Região Hidrográfica	Programa da Orla Costeira
Norte	Caminha – Espinho
Centro	Ovar – Marinha Grande
Tejo	Ovar – Marinha Grande (troço a sul da praia da Vieira, no concelho da Marinha Grande) Alcobaça – Mafra Sintra – Sado (até ao Cabo Espichel, no concelho de Sesimbra) Cidadela – Forte de São Julião da Barra
Alentejo	Sintra – Sado Sado – Sines Sines – Burgau
Algarve	Sines – Burgau Burgau – Vilamoura Vilamoura – Vila Real de Santo António

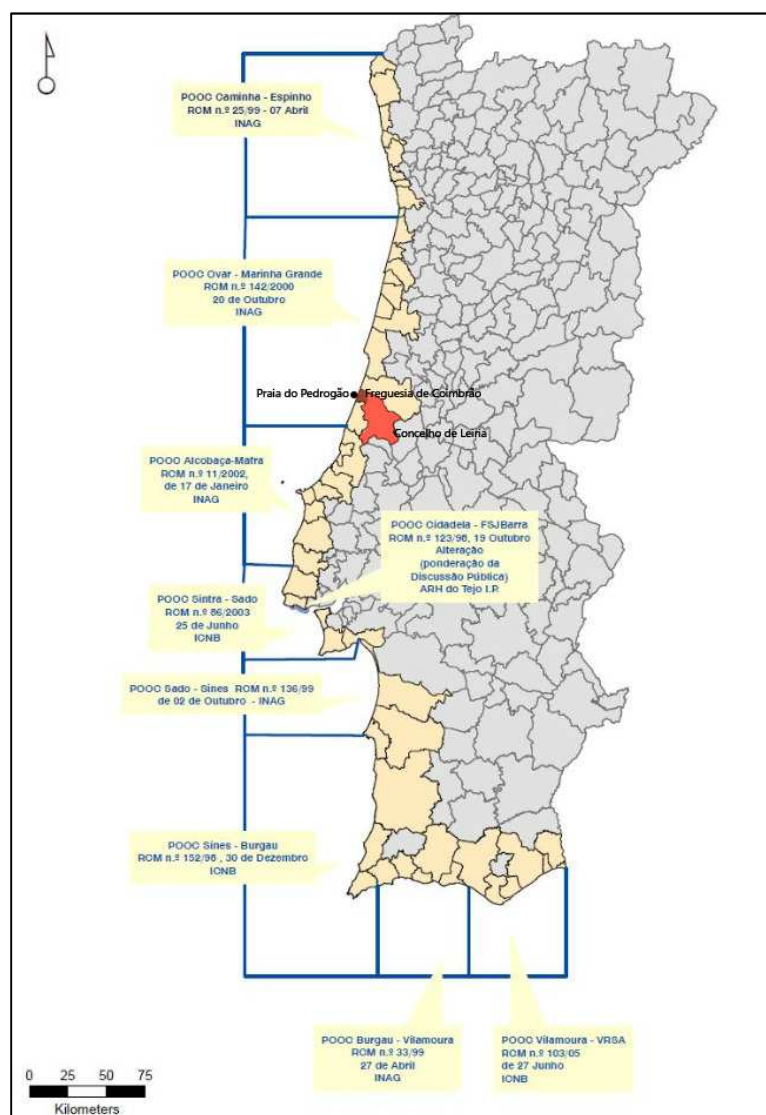


Fig. 5 – Limites dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira (adaptado de: APA, 2017a)

2.2.2. PLANO DE ORDENAMENTO DA ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE

O Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande (APA, 2017b) engloba os concelhos de Ovar, Murtosa, Aveiro, Ílhavo, Vagos, Mira, Cantanhede, Figueira da Foz, Pombal, Leiria (Praia do Pedrógão) e Marinha Grande, numa extensão aproximada de 140 km de costa.

O POOC Ovar – Marinha Grande em vigor, aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 142/2000, de outubro, prevê um conjunto de ações a implementar ao longo da linha de costa sob a sua tutela. No Anexo II está uma tabela-resumo das ações previstas no POOC Ovar – Marinha Grande para a Praia do Pedrógão, indicando qual a sua situação atual (junho de 2017) de cada intervenção prevista. Destas ações, destacam-se as seguintes: reforço de dunas e proteção marginal na Praia do Pedrógão a sul do promontório e reabilitação de acesos (P1-8); Unidade Operativa de Planeamento e Gestão (UOPG) da frente marítima de Pedrógão – Leiria (P3-19); núcleo de educação de Pedrógão – Leiria (P3-20).

P1-8: A forte erosão a sul do promontório que levou à diminuição da duna e ao risco de galgamento de infraestruturas, comprometendo a segurança, levou à decisão de reforçar e proteger as dunas da Praia Sul. Em 2003 foi executado um troço inicial da estrutura aderente, com cerca de 75 m, imediatamente a sul do promontório. Em 2015, foi executada uma extensão desta estrutura aderente, com cerca de 385 m. Esta intervenção, não prevista inicialmente, foi introduzida na revisão do POOC.

P3-19: O Plano de Pormenor (PP) da Frente Marítima de Pedrógão, conforme previsto na Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/2000, de 20 de outubro (Artigo 63.º do Capítulo X), não se realizou, até ao momento.

“1 — O PP da Frente Marítima de Pedrógão tem como objetivos:

- a) A qualificação e a valorização da imagem urbana da frente marítima, nomeadamente ao nível das volumetrias e tratamento das fachadas dos edifícios;*
- b) A reabilitação de espaços para uso público e a valorização funcional e paisagística dos espaços exteriores públicos existentes;*
- c) A resolução dos problemas de drenagem superficial;*
- d) O reordenamento das áreas de estacionamento automóvel existentes;*
- e) O ordenamento das infraestruturas de apoio ao núcleo piscatório existente.*

2 — Na elaboração do PP e enquanto este não entrar em vigor, será respeitada a interdição de realização de novas construções, com exceção de instalações de apoio às atividades específicas da orla costeira de acordo com as seguintes disposições:

- a) Características das construções — ligeiras ou mistas;*
- b) Cércea máxima — 3,5 m, contados a partir da cota de soleira.”*

P3-20: A criação de um núcleo de educação ambiental, a situar no promontório, é igualmente prevista na Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/2000, de 20 de outubro (Artigo 39.º do Capítulo VI). Contrariamente ao sucedido em outros locais, esta ação não foi implementada na Praia do Pedrógão. Em compensação, foi criada, pela CM Leiria uma Equipa da Divisão Ambiental que promove ações de educação ambiental na praia, durante a época balnear.

“1 — Os núcleos de educação ambiental são áreas onde está prevista a construção de um conjunto de infraestruturas de suporte à divulgação e sensibilização dos ecossistemas litorais existentes e localizam-se nos seguintes locais: praia de Esmoriz/Cortegaça, Torreira, São Jacinto, Barra Sul, Costa Nova, praia de Mira, praia da Tocha, praia do Palheiro, Cova/Gala, praia do Osso da Baleia, Pedrógão e praia Velha.

2 — Sem prejuízo das disposições contempladas nas UOPG, nos núcleos de educação ambiental são permitidas as seguintes infraestruturas de apoio:

- a) Acessos pedonais em passadeiras sobrelevadas;*
- b) Painéis informativos e de divulgação;*
- c) Instalações de apoio à divulgação e sensibilização nos núcleos de educação ambiental contíguos às áreas urbanas e urbanizáveis, com exceção do núcleo de São Jacinto.*

3 — As instalações a que se refere a alínea c) do número anterior têm as características de construção ligeira e os seguintes valores máximos:

- a) Área de implantação — 150 m²;*
- b) Área de construção — 75 m²;*
- c) Cércea — 3,5 m, contados a partir da cota de soleira;*
- d) Programa funcional — instalações sanitárias.”*

No Anexo II está uma tabela-resumo de outras três ações previstas no POOC Ovar – Marinha Grande para a Praia do Pedrógão: estação de tratamento de águas residuais (ETAR) do Pedrógão; construção de um esporão no promontório (E.25); construção de um esporão a sul da Praia Sul.

A ETAR foi construída em 1993 e encontra-se em funcionamento. Esta ETAR começou por ser concessionada à CM Leiria, estando atualmente integrada no Sistema Multimunicipal de Abastecimento de Água e de Saneamento do Centro Litoral de Portugal (AdCL), que engloba o antigo Sistema Integrado dos Municípios do Lis (SIMLis).

No Projeto para o Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande e Plano de Intervenções e Elementos Complementares, de abril de 1998 (Figura 6), era prevista a construção de um esporão a implantar como uma extensão do promontório (E.25), sendo uma obra prioritária. Era, também, proposto a implementação de um segundo esporão a sul da Praia Sul.

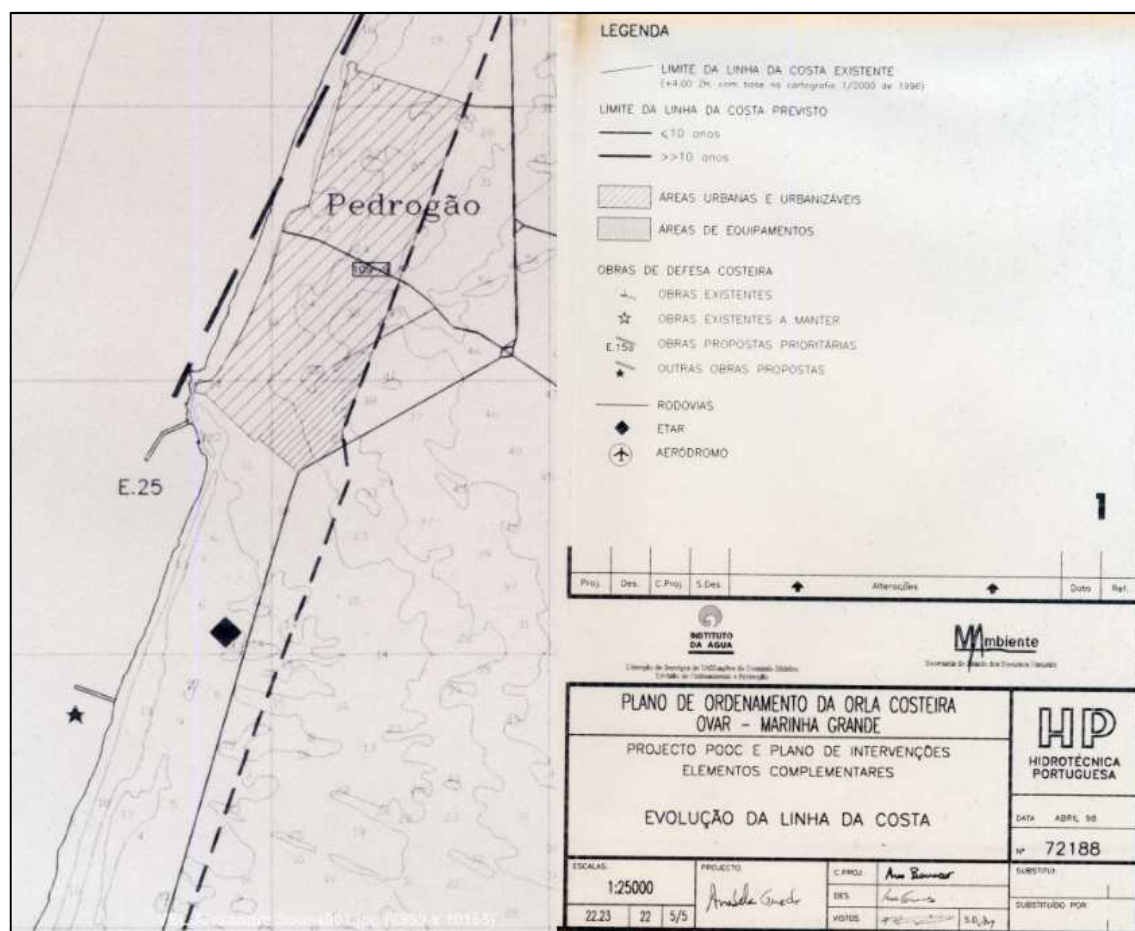


Fig. 6 – Projeto do Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande e Plano de Intervenções e Elementos Complementares (abril de 1998)

Nenhum destes dois esporões foi construído. Na Planta de Síntese de Elementos Fundamentais do Plano de Ordenamento da Ordem Costeira de Ovar – Marinha Grande, elaborado mais recentemente (Figura 7), não está prevista a construção de qualquer esporão na Praia do Pedrogão. No entanto, a construção de um esporão a localizar no promontório volta a ser previsto no novo Programa da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande.

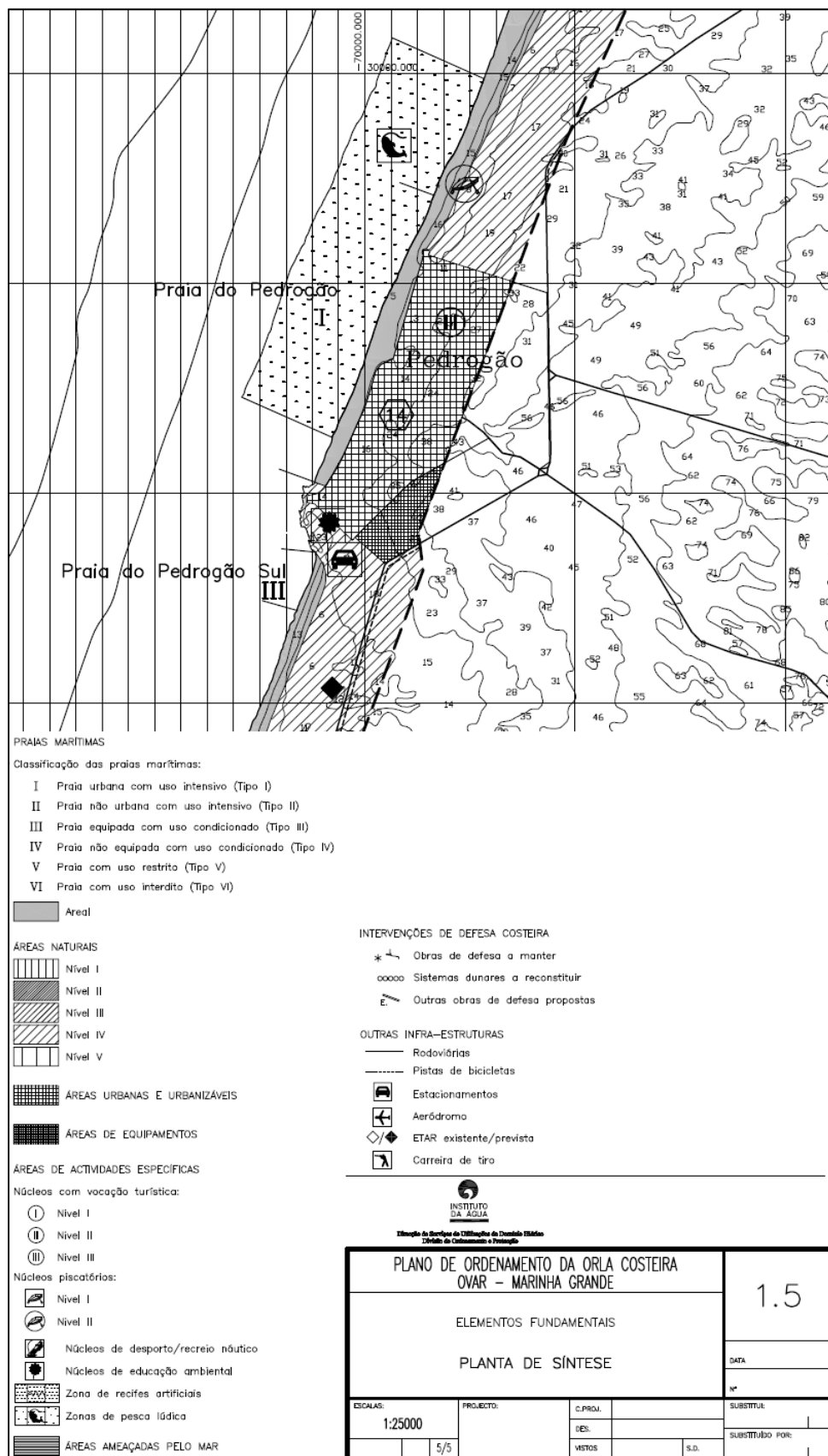


Fig. 7 – Planta de Síntese de Elementos Fundamentais do Plano de Ordenamento da Ordem Costeira de Ovar – Marinha Grande, de outubro de 2000 (fonte: APA, 2017b)

No Anexo II está, ainda, uma tabela-resumo de outras quatro ações não previstas no POOC Ovar – Marinha Grande para a Praia do Pedrógão, mas que no entanto foram executadas como resposta de emergência face às consequências do agravamento de problemas erosivos e/ou de tempestades: construção de uma estrutura aderente na Praia Sul; construção de uma estrutura aderente a sul do Casal Ventoso (a partir da Foz do ribeiro); construção de uma estrutura de geossintéticos na Praia Norte; reabilitação da estrutura aderente a sul do Casal Ventoso (a partir da Foz do ribeiro).

2.3. ESTRATÉGIA NACIONAL PARA A GESTÃO INTEGRADA DA ZONA COSTEIRA

2.3.1. ÂMBITO

Na Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, que teve lugar no Rio de Janeiro, em 1992, foi assumido o compromisso de promover o desenvolvimento sustentável e a gestão integrada das zonas costeiras e marinhas, por parte dos países com zonas costeiras. No seguimento, foi desenvolvida a Recomendação n.º 2002/413/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 maio, para uma Estratégia de Gestão Integrada de Zonas Costeiras na Europa. Assim, o Despacho n.º 19212/2005, de 3 de agosto, aprovado pelo Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, determinou a criação de um grupo de trabalho, constituído por diversos especialistas da área, com o objetivo *“de desenvolver as bases de uma estratégia que sustente uma política de ordenamento, planeamento e gestão da zona costeira portuguesa, continental e insular, nas suas vertentes terrestre e marinha”*.

De acordo com o estabelecido no Despacho n.º 19212/2005, de 3 de agosto, foi elaborado pelo grupo de trabalho o documento intitulado “Bases para a Estratégia Nacional de Gestão Integrada da Zona Costeira” (Veloso Gomes *et al.*, 2006). Este documento originou, então, a elaboração da Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira, publicada na Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009. A ENGIZC *“procura conciliar as diferentes políticas com impacto na zona costeira de acordo com um quadro de referência que facilite a ponderação de interesses e a coordenação das intervenções de todos os que são responsáveis e estão envolvidos na utilização, ordenamento, planeamento, gestão e desenvolvimento destas áreas. A missão da ENGIZC é garantir a adequada articulação e coordenação das políticas e dos instrumentos que asseguram o desenvolvimento sustentável da zona costeira”*.

2.3.2. VISÃO E OBJETIVOS

A ENGIZC foi elaborada com uma visão a longo prazo, definida a 20 anos de acordo com a orientação da União Europeia, de acordo com os princípios definidos no documento “Bases para a Estratégia Nacional da Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional”. Para alcançar a visão pretendida, em 2029, foram estabelecidos objetivos temáticos e transversais, conforme apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Objetivos temáticos e transversais (fonte: ENGIZC, 2007)

Objetivos temáticos:
• Conservar e valorizar os recursos e património natural, paisagístico e cultural;
• Antecipar, prevenir e gerir situações de risco e de impactos de natureza ambiental, social e económica;
• Promover o desenvolvimento sustentável de atividades geradoras de riqueza e que contribuam para a valorização de recursos específicos da zona costeira;
• Aprofundar o conhecimento científico sobre os sistemas, os ecossistemas e as paisagens costeiras.
Objetivos transversais:
• Desenvolver a cooperação internacional;
• Reforçar e promover a articulação institucional e a coordenação de políticas e instrumentos;
• Desenvolver mecanismos e redes de monitorização e observação;
• Promover a informação e a participação pública.

Para cumprir estes objetivos, a ENGIZC definiu 20 medidas, agrupadas em diferentes parâmetros: Normativas e de Gestão; Temáticas (Ambiente valores, Segurança, Ordenamento, Competitividade); Conhecimento; Monitorização e Participação.

Segundo Veloso Gomes (2016a), a ENGIZC revelou-se um marco importante mas foram identificadas algumas dificuldades na sua implementação. Estas dificuldades resultam do facto de se continuarem a verificar dinâmicas ambientais, sociais e económicas intensas nas zonas costeiras, sendo que os avanços na capacidade de implementação de programas e políticas sobre a zona costeira continuam insuficientes. O facto de, nos últimos anos, terem sido verificadas sucessivas mudanças de governo, também não favorece a implementação de políticas coerentes baseadas numa estratégia a médio-longo prazo. Assim, a monitorização da ENGIZC a implementar deverá incluir aspetos diferentes mas complementares, como a monitorização de Parâmetros Ambientais, dos Instrumentos de Gestão Territorial e de Políticas, Programas, Projetos e Ações e, ainda, o estabelecimento de índices de avaliação do modelo sustentável e desenvolvimento pretendido.

2.4. PLANO DE AÇÃO DE PROTEÇÃO E VALORIZAÇÃO DO LITORAL

2.4.1. ÂMBITO

Conforme descrito no Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral 2012-2015, elaborado pela APA e publicado em junho de 2012, este documento resulta da revisão do Plano de Ação 2007-2013, aprovado pelo Ministro do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, em outubro de 2007. O PAPVL 2012-2015 pretende promover um conjunto de ações, ambientalmente equilibradas e devidamente ajustadas à resolução dos problemas existentes, de forma a possibilitar uma utilização racional, sustentável e segura da orla costeira portuguesa.

As ações previstas no PAPVL 2012-2015 consistem num conjunto de intervenções consideradas prioritárias, maioritariamente previstas nos POOC em vigor. Num panorama de contenção financeira, o PAPVL 2012-2015 tem como prioridade intervenções que garantam a salvaguarda do risco para pessoas e bens, contemplando uma série de intervenções não previstas anteriormente, mas consideradas de carácter urgente.

Segundo Moreira da Silva (2014), o PAPVL 2012-2015 estaria em vigor até final de 2015, dando, então, lugar ao PAPVL 2015-2020, a ser elaborado entre 2015 e 2016. Segundo a Nota Síntese do Orçamento do Estado 2016, elaborada pelo Ministério do Ambiente em fevereiro de 2016, será elaborado e aprovado o PAPVL 2016-2020, bem como incentivado o conhecimento técnico e científico sobre as dinâmicas do litoral, incluindo a monitorização sistemática da faixa costeira. No entanto, até à data, este novo plano ainda não foi publicado.

2.4.2. IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

Segundo o PAPVL 2012-2015, a gestão de riscos inerentes à evolução do litoral será ainda mais importante devido aos impactos provocados pelas alterações climáticas. Segundo dados do Projeto SIAM II - Alterações Climáticas em Portugal: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação (2006), são expectáveis alterações no balanço sedimentar que podem conduzir ao estabelecimento ou variação da intensidade da erosão e na modificação da frequência e intensidade das inundações costeiras. Estas alterações terão impactos variáveis a nível económico, social e ambiental, consoante as características geológicas, morfológicas e padrões de ocupação existentes nas zonas costeiras afetadas. Assim, justifica-se a prossecução, reformulação e/ou reforço de ações desenvolvidas no passado, de forma a garantir uma política de proteção e valorização dos recursos do litoral, que seja adequada e eficaz na resolução dos problemas já identificados, ambientalmente equilibrada e devidamente ajustada aos recursos financeiros disponíveis.

No Quadro 3 estão resumidas as principais alterações climáticas que são espectáveis no litoral português, bem como os impactos associados e quais as medidas de adaptação a implementar.

Quadro 3 – Alterações climáticas, impactos associados e medidas de adaptação a implementar no litoral português (fonte: Santos, 2012)

Alterações Climáticas
• Aumento da temperatura superficial dos oceanos;
• Aumento do nível médio das águas do mar;
• Modificação do regime de agitação marítima;
• Modificação da sobre-elevação meteorológica;
• Modificação da precipitação.
Impactos
• Aumento do risco de inundação e a deslocação de zonas húmidas;
• Aceleração de erosão costeira;
• Aumento das inundações associadas às tempestades.
Medidas de Adaptação
• Medidas de proteção suaves (ex.: alimentação artificial de praias, reforço de cordões dunares);
• Faixas de salvaguarda destinadas a absorver o recuo/erosão costeira (ex.: condicionamento à ocupação humana);
• Avaliação de medidas de abandono e recuo <i>versus</i> proteção.

2.4.3. TIPOLOGIAS DE INTERVENÇÃO

Tendo por base as prioridades definidas nos POOC em vigor, documentos técnicos e resultados de programas de monitorização, o PAPVL 2012-2015 apresenta as várias ações propostas divididas consoante três tipologias: Defesa Costeira e Zonas de Risco; Estudos, Gestão e Monitorização; Planos de Intervenção e Projetos de Requalificação. No Quadro 4 está uma lista de critérios, para cada tipologia, de modo a definir uma ordem de prioridades, que permitam racionalizar e otimizar o processo de seleção de cada ação a executar.

Quadro 4 – Tipologias de intervenção e respetivos critérios de prioridade (fonte: PAPVL 2012-2015, 2012)

Defesa Costeira e Zonas de Risco
1) Intervenções destinadas a garantir a segurança das pessoas e bens (proteção de património construído e/ou natural de importância relevante), com vista à eliminação, redução ou controlo do risco.
2) Intervenções de manutenção/reabilitação de obras de defesa/proteção costeira.
Estudos, Gestão e Monitorização
1) Monitorização da evolução dos sistemas costeiros. Avaliação e mapeamento da exposição das principais unidades do litoral à inundação e erosão em diferentes cenários de forçamento climático com quantificação de parâmetros físicos territoriais (superfície afetada/perdida, cotas máximas de inundação), quantificação de impactos diretos (económicos e sociais) e identificação de locais de risco requerendo atenção/intervenção prioritária.
2) Avaliação de cenários de atuação em determinados troços costeiros (abandono/recuo versus proteção), suportados por análises de custo-benefício.
3) Inventariação, cartografia e avaliação dos recursos e reservas sedimentares (areias) na plataforma continental dado o carácter estratégico que assumem ao nível da proteção e valorização das zonas costeiras (e.g. alimentações artificiais).
4) Outros estudos técnicos de interesse nacional, regional ou local de suporte à tomada de decisão.
Planos de Intervenção e Projetos de Requalificação
1) Planos abrangendo zonas de risco, designadamente onde se verifique erosão/recuo da linha de costa ou fenómenos de instabilidade de arribas.
2) Requalificação de áreas urbanas degradadas em Domínio Hídrico associadas à utilização de praias ou a atividades produtivas.
3) Requalificação de áreas naturais degradadas.

As Figuras 8, 9 e 10 mostram a distribuição de ações ao longo da costa portuguesa, para cada tipologia de intervenções.

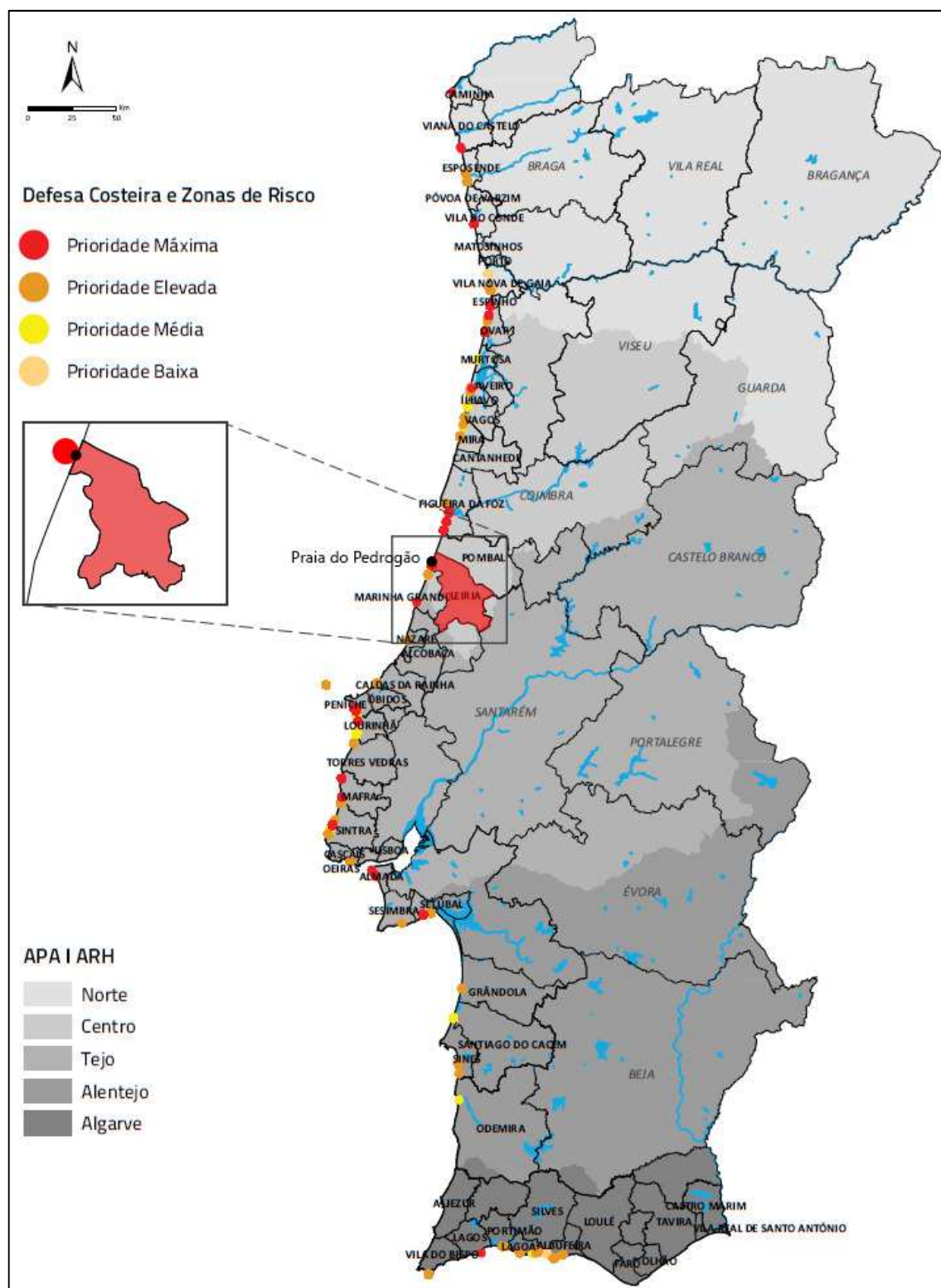


Fig. 8 – Localização e prioridades de ações de Defesa Costeira e Zonas de Risco a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)

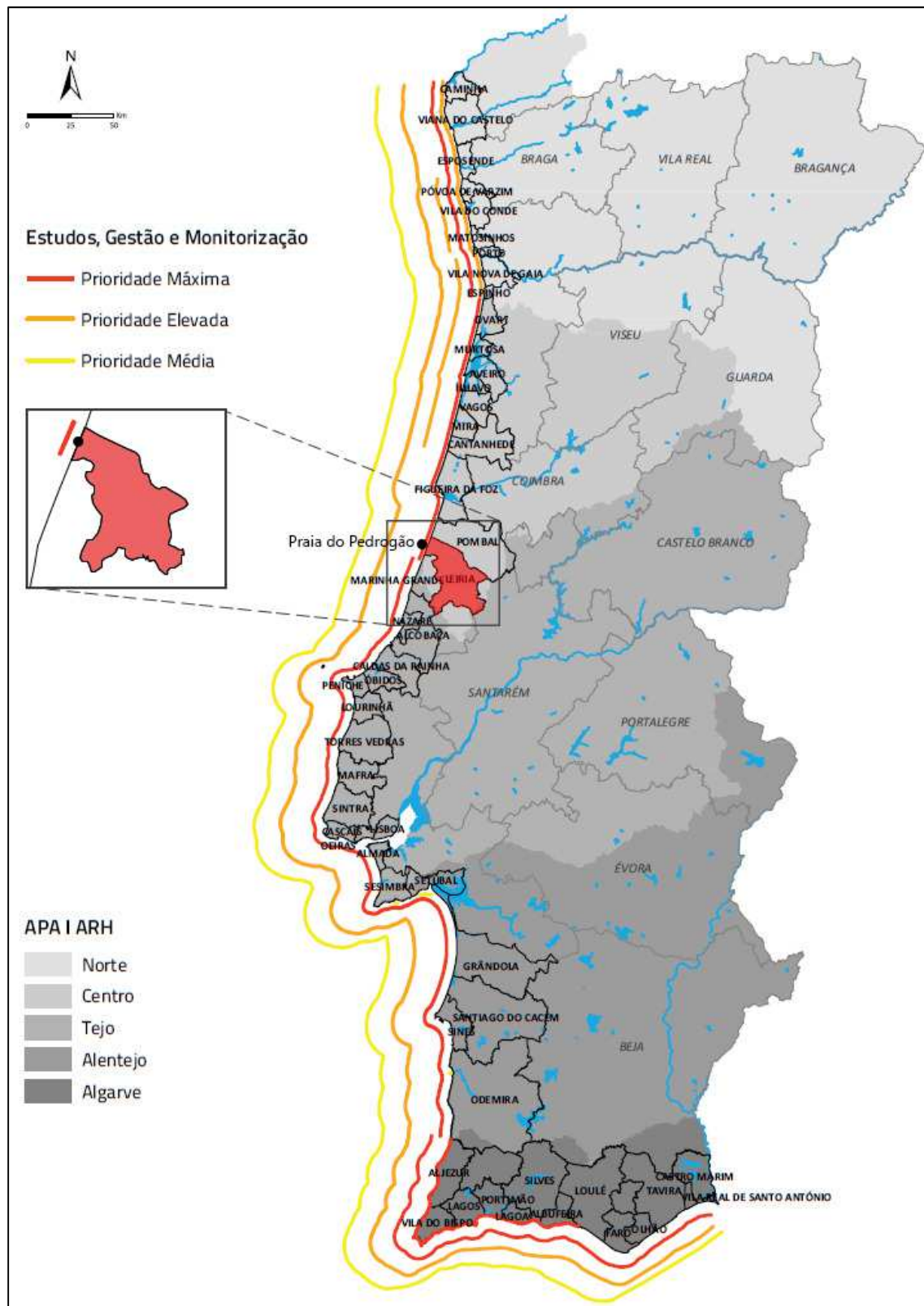


Fig. 9 – Localização e prioridades de ações de Estudos, Gestão e Monitorização a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)

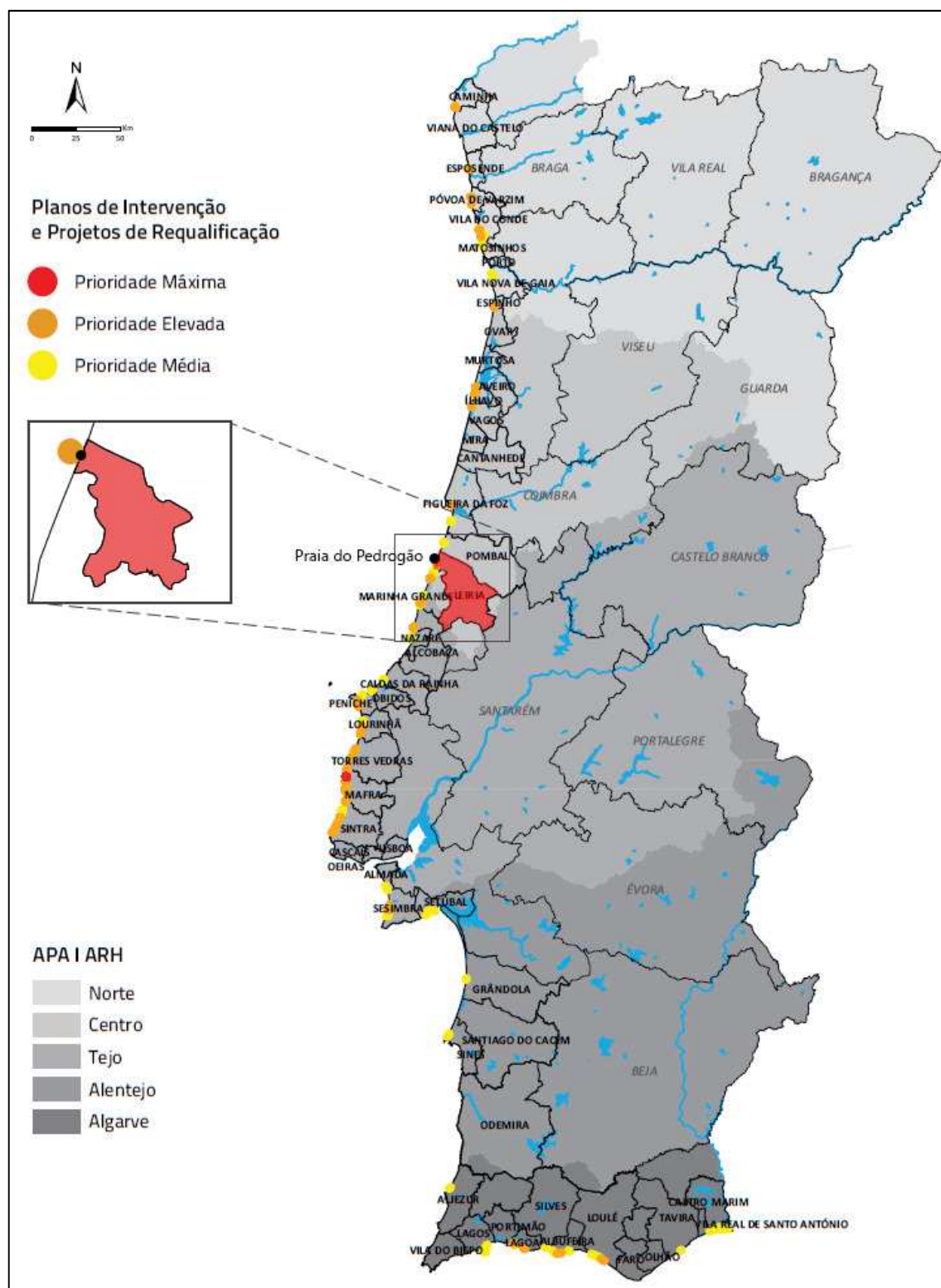


Fig. 10 – Localização e prioridades de ações de Planos de Intervenção e Projetos de Requalificação a executar (adaptado de: PAPVL 2012-2015, 2012)

O Plano de Ação 2007-2013 não conseguiu promover a implementação de ações conforme previsto, por motivos diversos, tendo-se registado uma baixa taxa de execução, tanto física como financeira. Tal pode ser confirmado através de quadros-resumo de ações previstas e executadas, apresentado no PAPVL 2012-2015 à data da sua publicação, em junho de 2012. No caso da Praia do Pedrógão, nenhuma das ações previstas no Plano de Ação 2007-2013, em conformidade com o POOC Ovar – Marinha Grande, tinha sido executada, conforme demonstrado no Anexo II.

2.5. RELATÓRIO DO GRUPO DE TRABALHO DO LITORAL

2.5.1. ÂMBITO

Conforme determinado no Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio, foi criado um Grupo de Trabalho para o Litoral e uma Comissão de Acompanhamento (CA) dos trabalhos, constituído por diversos especialistas da área nomeados pelo Governo, com o objetivo de analisar os vários problemas do litoral e apresentar propostas de soluções a implementar:

“A gravidade dos estragos causados pelos recentes temporais ocorridos em janeiro, fevereiro e março, deste ano [2014], exige a intervenção urgente do Estado no sentido da sua reparação de modo a no curto prazo, conter o agravamento da erosão. Reconhecendo que as intervenções de emergência são indispensáveis e inadiáveis na situação atual, considera-se também necessária uma reflexão mais aprofundada e abrangente da zona costeira em Portugal.

(...)

O GTL deverá desenvolver uma reflexão aprofundada sobre as zonas costeiras, que conduza à definição de um conjunto de medidas que permitam, no médio prazo, alterar a exposição ao risco, incluindo nessa reflexão o desenvolvimento sustentável em cenários de alterações climáticas. As medidas deverão ser propostas para cada troço de costa identificado e caracterizado como zona crítica de risco, e definida a sua priorização. Nas medidas a equacionar devem ser incluídas:

- a) Avaliação do desempenho das obras de defesa costeira, atentos os investimentos efetuados e os necessários no futuro, e os objetivos da sua construção, no contexto do troço costeiro da sua área de influência e ponderação de eventuais alternativas de intervenção;*
- b) Avaliação das propostas de usos e ocupação do território nos Instrumentos de Gestão Territorial com incidência nas zonas críticas de risco na orla costeira perspetivando opções de proteção, acomodação ou recuo;*
- c) Modelo de Governança da zona costeira;*
- d) Ações que promovam uma maior informação e participação dos principais atores e da população em geral nas questões relativas às zonas costeiras;*
- e) Análise e ponderação da aplicação da ENGIZC e proposta de eventuais alterações, para que esta seja o documento enquadrador das ações a levar a cabo;*
- f) Orientações para a elaboração dos POOC de nova geração;*
- g) Elaboração de estimativas orçamentais para as ações propostas;*
- h) Avaliação dos impactos socioeconómicos das ações propostas.”*

Assim, por forma a dar resposta a estes objetivos, foi publicado, em dezembro de 2014, o Relatório do GTL: *Gestão da Zona Costeira – O Desafio da Mudança*. Segundo o Despacho n.º 3839/2015, de 17 de abril, a partir das conclusões apresentadas no Relatório do GTL, é possível concluir que os problemas erosivos e a consequente evolução da linha de costa de Portugal, resultam de um défice sedimentar significativo:

“Controlar e inverter o problema é um processo complexo e demorado, mas que deve ser encarado como um desígnio nacional que carece de um consenso alargado que permita adotar uma estratégia de médio/longo prazo que ultrapasse a dimensão temporal característica dos ciclos políticos, comprometendo todos os intervenientes neste processo. O reconhecimento da relevância do balanço sedimentar na evolução da linha de costa impõe que se atenda às causas que estão na origem do surgimento dos fenómenos de erosão costeira e que se relacionam, fundamentalmente, com a existência de défices sedimentares. A gestão do balanço sedimentar deverá, por isso, assumir um papel primordial nas estratégias de intervenção e mitigação do processo erosivo. Para reduzir o risco costeiro há essencialmente duas ações complementares: reduzir a erosão por meio da alimentação artificial e atuar sobre a ocupação de modo a reduzir o risco em que se encontra, por meio de estratégias de acomodação e realocização. Para suportar e racionalizar uma estratégia de proteção baseada na alimentação artificial é necessário implementar uma política de gestão sedimentar integrada que tenda a repor o ciclo sedimentar natural e que envolva todas as entidades com responsabilidades neste domínio.”

O Despacho n.º 3839/2015, de 17 de abril, determina, ainda, a constituição de um Grupo de Trabalho (GT), composto por diversos especialistas da área nomeados pelo Governo, que desenvolva os meios necessários para preparar a execução de uma primeira ação de alimentação artificial de areias de grande magnitude, de acordo com os seguintes objetivos:

- I. “Identificar o local ou locais prioritários para a realização da intervenção;*
- II. Identificação das possíveis origens de areias mobilizáveis para este efeito, com preferência, nesta fase, para pontos de dragagem em áreas portuárias e/ou zonas de acumulação de areias na margem;*
- III. Análise dos custos envolvidos e das possíveis fontes de financiamento;*
- IV. Análise das bases para criação de mecanismos de colaboração entre as entidades portuárias e a Autoridade Nacional da Água, de forma a assegurar que as dragagens nos portos são articuladas com a necessidade de reforço do trânsito sedimentar litoral.”*

2.5.2. DINÂMICAS E EVOLUÇÃO COSTEIRA

Segundo o Relatório do GTL, a configuração do litoral português resulta da interação entre agentes da geodinâmica interna e externa e da ação humana, o que torna a zona costeira extremamente dinâmica. Esta nem sempre é compatível com a crescente ocupação do litoral, dando origem a situações de conflito. Assim, para ser possível formular políticas de intervenção e de gestão do espaço e do risco na zona costeira sustentadas, é importante compreender como funciona a dinâmica do litoral português.

Ao longo da costa portuguesa, o transporte sedimentar deve-se, principalmente, às correntes marítimas longitudinais, consequentes da agitação incidente. Deste modo, de forma simplificada, a linha de costa evolui através da interação das ondas, do fornecimento sedimentar e das variações do nível médio do mar, conforme explícito no esquema da Figura 11. Compreendendo esta interação, é possível perceber como foi a configuração da linha de costa no passado e como é no presente e perspetivar qual será a tendência de evolução para o futuro.

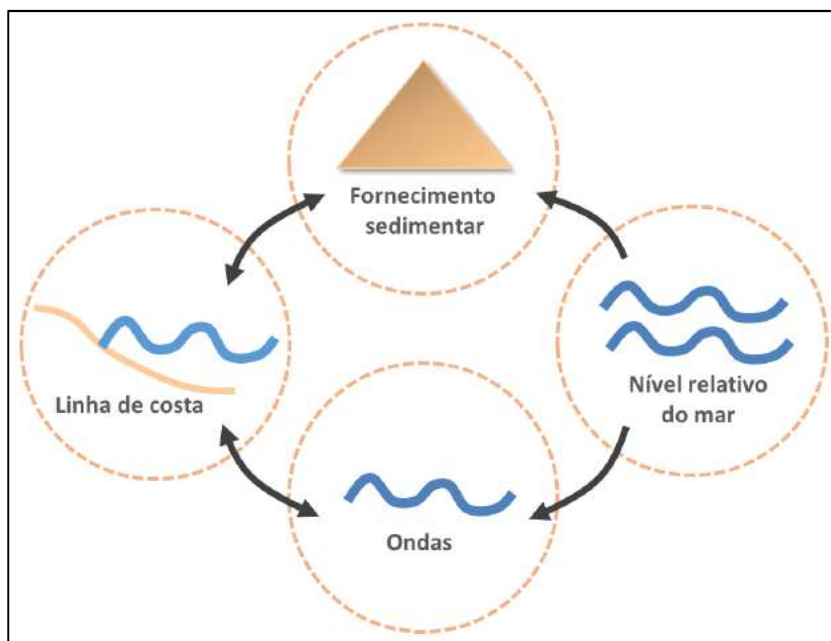


Fig. 11 – Processos condicionantes da linha de costa (fonte: Relatório do GTL, dezembro de 2014)

Segundo conclusões do projeto europeu *Conscience*, para solucionar problemas derivados da erosão costeira, é necessário atender às causas que a originam, isto é, o défice sedimentar. Assim, a gestão do balanço sedimentar deve assumir um papel de referência dentro das estratégias de intervenção e mitigação do processo erosivo. Para tal, o Relatório do GTL apresenta uma divisão do litoral de Portugal Continental em 8 células sedimentares (Figura 12), sendo que cada célula corresponde a unidade autónoma do ponto de vista sedimentar, em que o balanço sedimentar é definido através da quantificação das entradas (fontes) e saídas (sumidouros) de sedimentos.

Cada célula foi caracterizada geomorfologicamente e foi feito o balanço sedimentar respetivo, para duas situações: situação atual e situação de referência. A situação atual é representativa das últimas duas décadas. A situação de referência corresponde ao existente no século XIX, anterior à situação resultante da ação humana no balanço sedimentar (extração de areias nos rios e zona costeira e construção de barragens e de obras de engenharia na costa, especialmente de molhes utilizados para fixar as barras dos portos). Esta caracterização apresentada pelo GTL é idêntica à apresentada por Abecasis (1997), que divide a costa de Portugal Continental em 10 troços, com características geomorfológicas e aluvionares semelhantes (Figura 13).

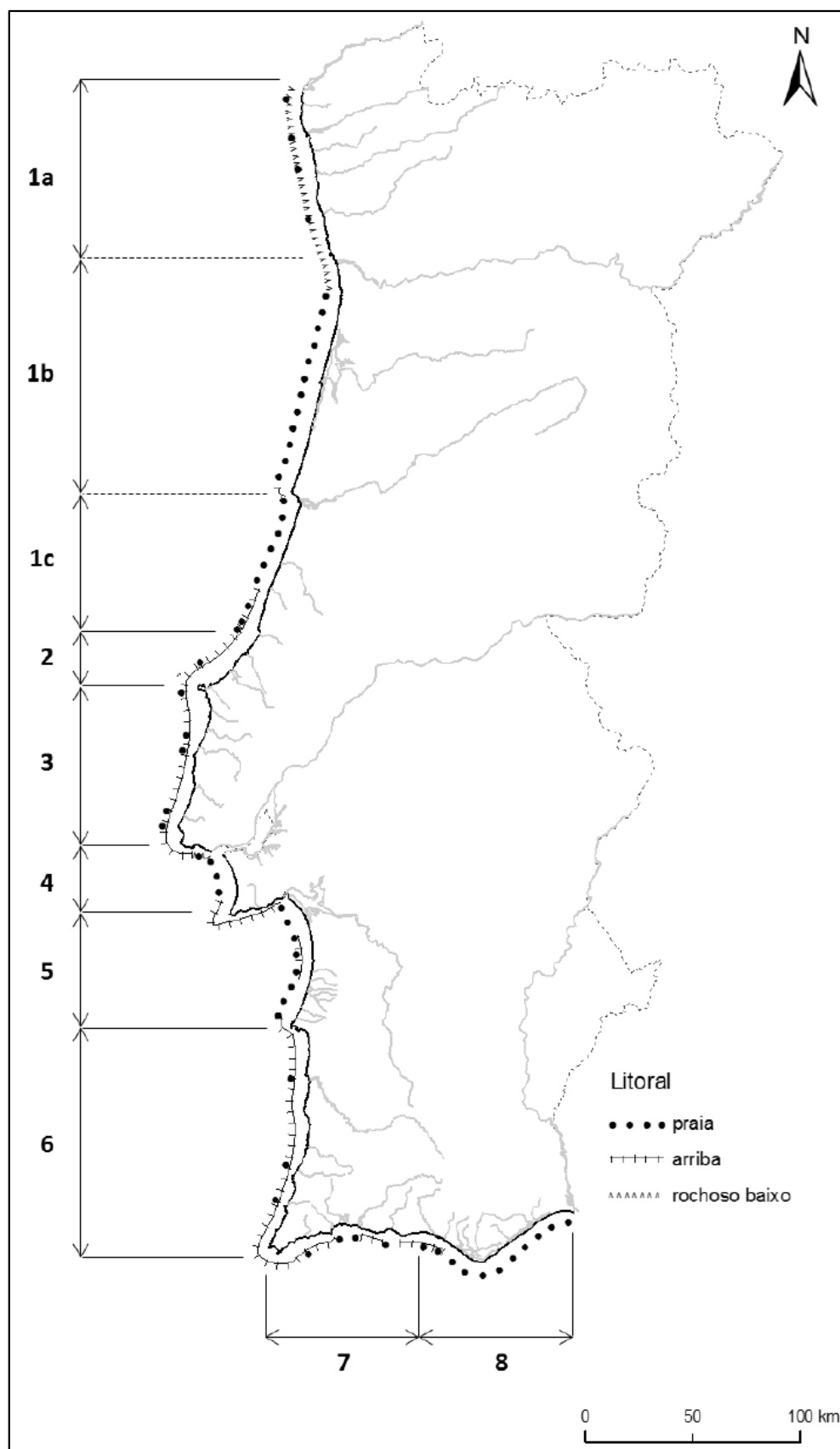


Fig. 12 – Divisão do litoral de Portugal Continental em células sedimentares (fonte: Relatório do GTL, 2014)

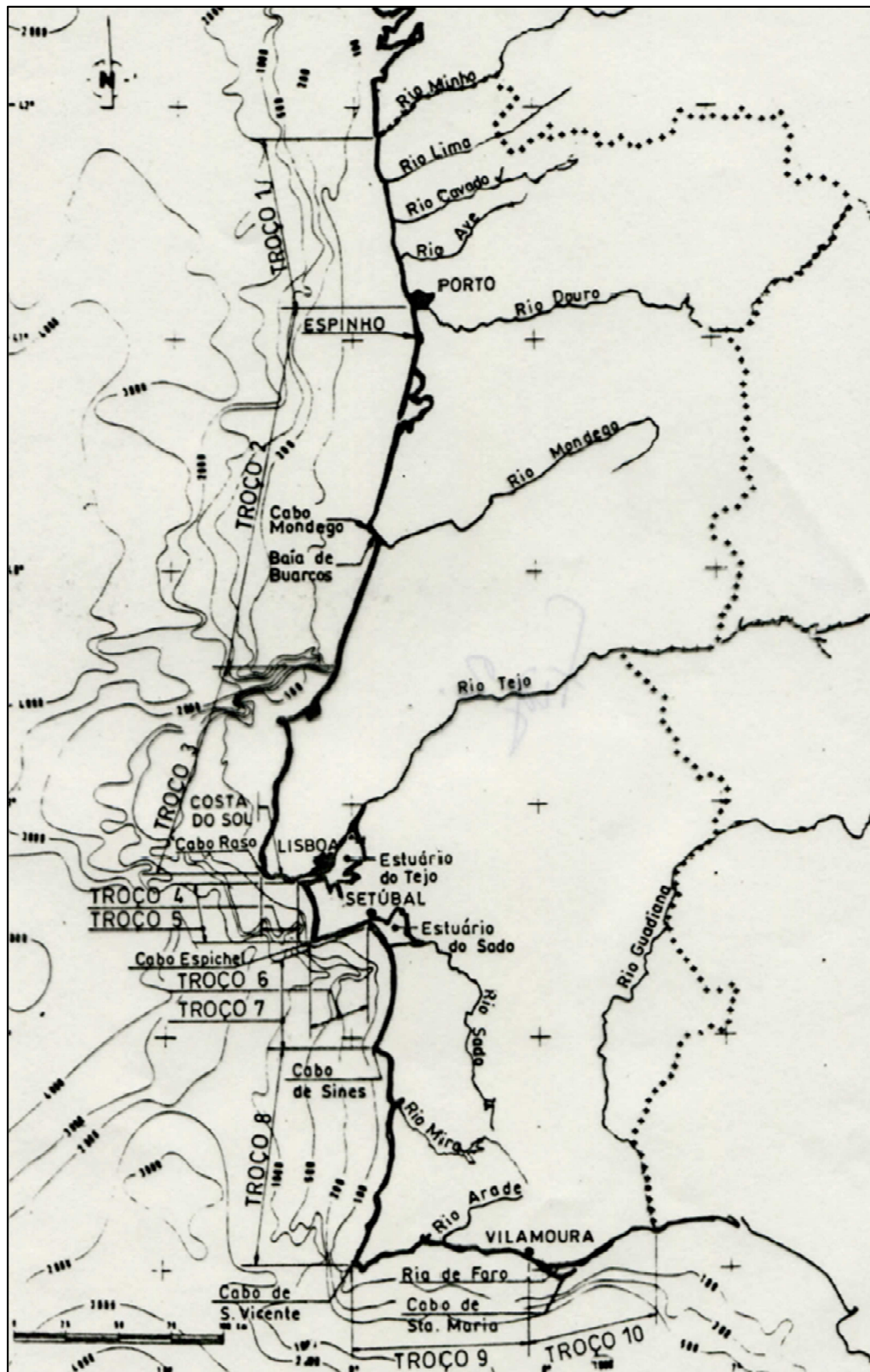


Fig. 13 – Divisão do litoral de Portugal Continental em troços (fonte: Abecasis, 1997)

A célula 1, da Figura 12, engloba a extensão do litoral entre a foz do rio Minho e a Nazaré. A Praia do Pedrógão insere-se na subcélula sedimentar 1c, que se estende desde o Cabo do Mondego até à Nazaré. Na extremidade norte da subcélula 1c, a norte da barra do Mondego, originou-se uma praia extremamente desenvolvida, devido à areia retida pelo molhe norte do Porto da Figueira da Foz. Consequentemente, esta retenção de areia deu origem ao recuo da linha de costa a sul da barra do Mondego, no troço entre o Cabedelo e o Pedrógão. Na extremidade sul desta subcélula, existe o canhão da Nazaré, que funciona como um sumidouro sedimentar que absorve a areia transportada pela deriva litoral para o oceano profundo.

Na Figura 14 está representada, esquematicamente, o balanço sedimentar da subcélula 1c e na Figura 15 está explícita a sua definição, em forma de tabela. Para a situação de referência, considerou-se não existirem ganhos sedimentares significativos, nem perdas, nas barras do Vouga e do Mondego. Assim, estimou-se que 1 100 000 m³/ano de areia transpõe o cabo do Mondego, sendo posteriormente transportados ao longo deste troço Figueira da Foz – Praia do Norte (Nazaré) até serem absorvidos pelo canhão da Nazaré.

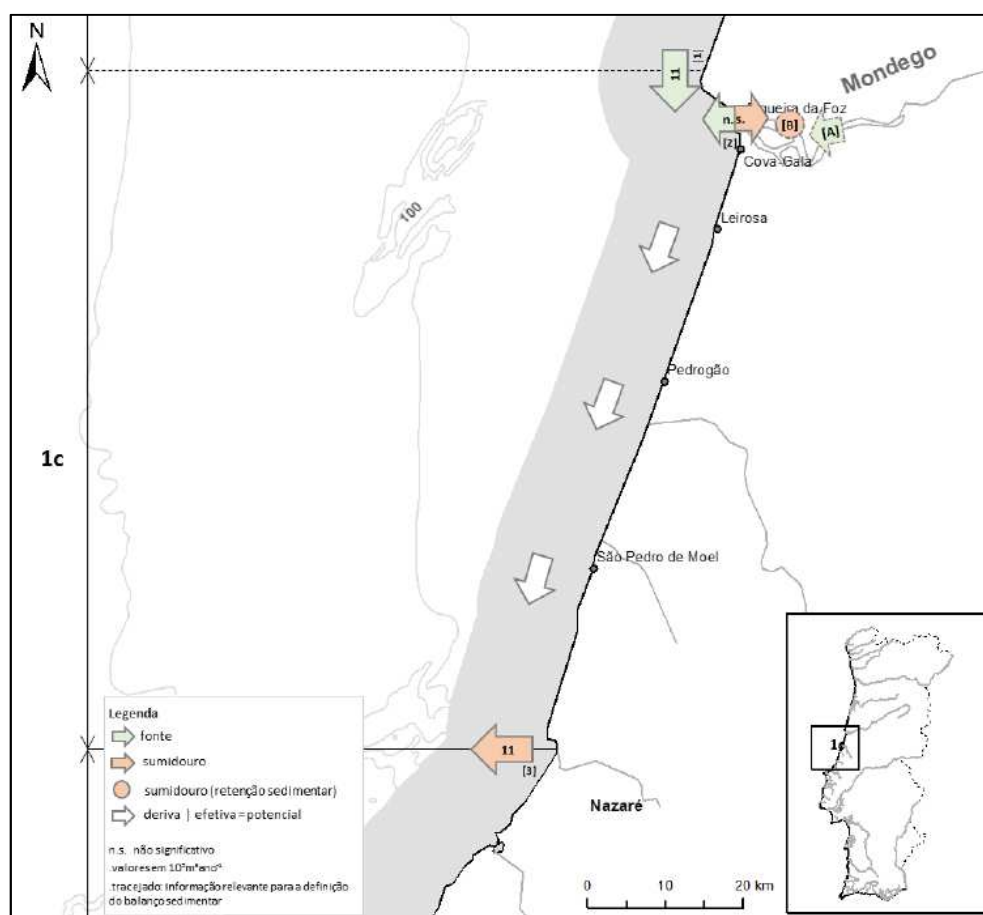


Fig. 14 – Balanço sedimentar da subcélula 1c: situação de referência (fonte: Relatório do GTL, 2014)

Q (10 ⁵ m ³ ano ⁻¹) fonte (+) sumidouro (-) (valores adotados neste trabalho)			Processo / Atividade	Referências	Q (10 ⁵ m ³ ano ⁻¹)	Observações
[1]	Fronteira norte	+11	Deriva litoral	-	-	Da célula 1b
[2]	Rio Mondego	n.s.	[A] Caudal sólido	Oliveira et al., 1982 Hidrotécnica, 1981 in APA, 2012d	0.8 0.4	Transporte de fundo
			[B] Retenção no estuário	-	-	
[3]	Canhão da Nazaré	-11	Perda transversal	Duarte et al., 2014	Totalidade	Captura integral da deriva residual

Fig. 15 – Definição do balanço sedimentar da subcélula 1c: situação de referência
(fonte: Relatório do GTL, 2014)

Na Figura 16 está representada, esquematicamente, o balanço sedimentar da subcélula 1c e na Figura 17 está explícita a sua definição, em forma de tabela. Com a ampliação do molhe norte em 400 m (entre junho de 2008 e agosto de 2010), registou-se um novo aumento na retenção de sedimentos na praia a norte deste e consequente agravamento da erosão a sul. Com a saturação do molhe norte prevê-se um aumento dos sedimentos que transpõe a barra e consequente redução do processo erosivo a sul. Para a situação atual, estimou-se que dos 1 100 000 m^3/ano de areia que transpõe o cabo do Mondego, 500 000 m^3/ano são retidos pelo molhe norte do Porto da Figueira da Foz. Estes 500 000 m^3/ano de areia são, consequentemente, repostos a partir de processos erosivos verificados no troço a sul do Porto da Figueira da Foz, sendo transportados até serem absorvidos pelo canhão da Nazaré.

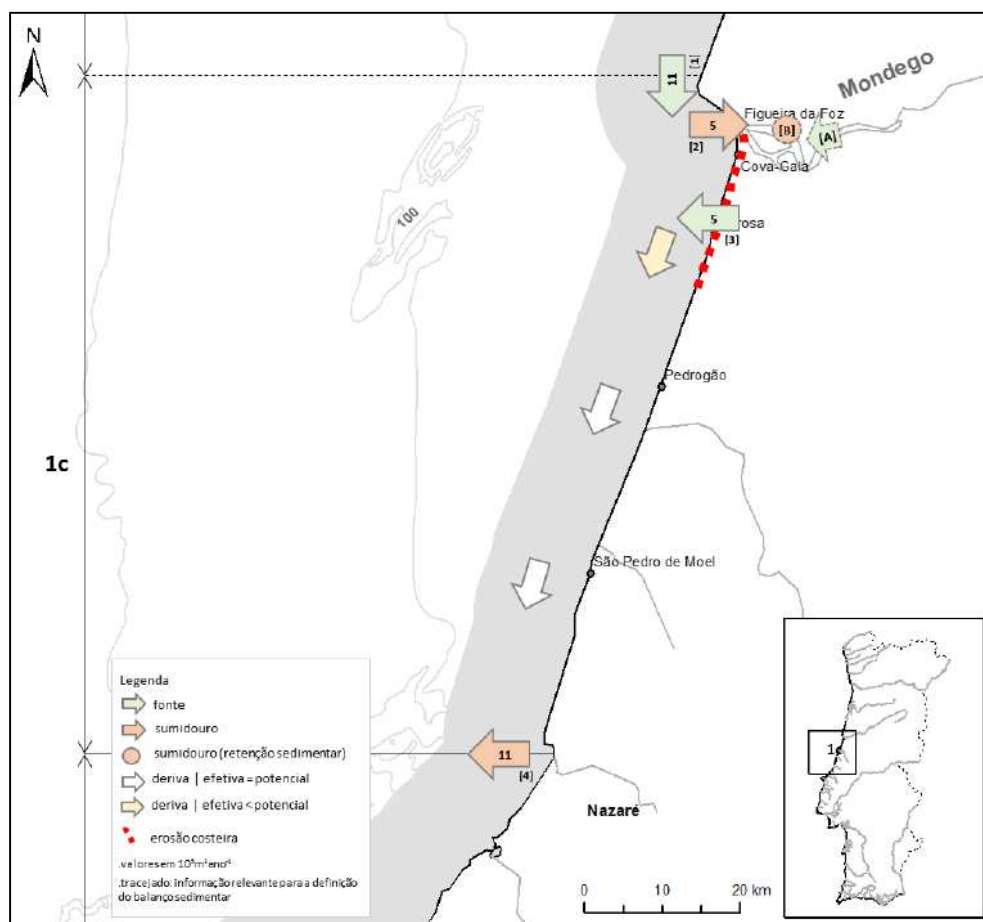


Fig. 16 – Balanço sedimentar da subcélula 1c: situação atual (fonte: Relatório do GTL, 2014)

Q ($10^3 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$) fonte (+) sumidouro (-) (valores adotados neste trabalho)			Processo / Atividade	Referências	Q ($10^5 \text{ m}^3 \text{ ano}^{-1}$)	Observações
[1]	Fronteira norte	+11	Deriva litoral	-		Da célula 1b
[4]	Rio Mondego	-5	[A] Caudal sólido	Magalhães, 1999	0.8	Transporte de fundo
				Hidrotécnica, 1981 in APA, 2012d	0.4	
			[B] Retenção no estuário			
			Retenção na praia da Figueira	André e Cordeiro, 2013	3.9	Out. 2010 - Dez. 2011
			Extração na barra, e anteporto	IPTM, 2008f	2.7	2002 - 2007
			Extração no porto e canal de acesso	IPTM, 2008f	2.9	2004 - 2006
[5]	Troço Cova-Gala - Leirosa	+5	Erosão costeira	-	-	-
[6]	Fronteira sul	-11	Perda transversal	Duarte et al., 2014		Captura integral da deriva residual

Fig. 17 – Definição do balanço sedimentar da subcélula 1c: situação atual (fonte: Relatório do GTL, 2014)

2.5.3. ZONAS COSTEIRAS E ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

O Relatório do GTL distingue a origem das alterações climáticas em causas naturais ou antropogénicas. Quanto à escala, distingue as alterações globais sistémicas, que se manifestam à escala terrestre, das alterações globais cumulativas, que se manifestam à escala local, mas que devido à sua intensidade elevada geram uma problemática a nível global. Assim, as alterações climáticas antropogénicas são consideradas uma alteração global sistémica, com consequências significativas para as zonas costeiras. Destas consequências destacam-se a oscilação dos valores extremos do nível do mar e a ocorrência de tempestades extratropicais, a pequena escala temporal e o aumento da temperatura média do mar, o aumento da acidez do mar, as variações da salinidade, as alterações no clima de agitação marítima e na circulação oceânica e a subida do nível médio global do mar.

Como resposta às alterações climáticas, existem duas aproximações possíveis: mitigação e adaptação. Enquanto que a mitigação consiste na intervenção humana com o objetivo de reduzir as fontes responsáveis pelas alterações climáticas, a adaptação consiste no ajustamento ao clima atual e futuro. As opções de adaptação possíveis para as zonas costeiras resumem-se em três tipos principais: realocização, acomodação e proteção (Figura 18). A proteção consiste em manter ou em avançar a linha de costa (ex.: construção de esporões, quebra-mares destacados, estruturas aderentes, etc.; alimentações artificiais de areia; reconstrução de sistemas dunares e/ou construção de dunas artificiais). A acomodação consiste na adaptação das infraestruturas existentes no litoral de modo a reduzir o risco de inundação. A realocização consiste no recuo planeado de povoações em risco, sendo que esta se trata de uma opção extrema que apenas é executada quando as restantes opções se demonstram inviáveis. A Figura 19 mostra, esquematicamente, quais as respostas de adaptação possíveis, para cada um dos três tipos de opções de adaptação, consoante o objetivo pretendido.

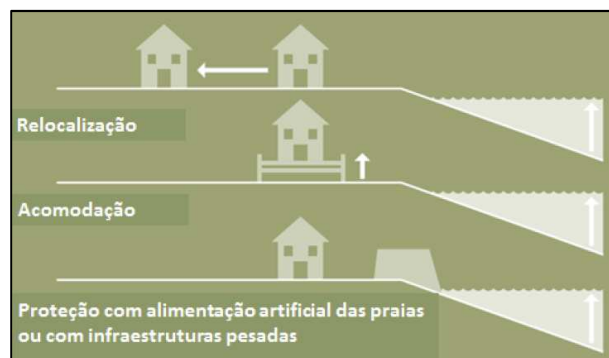


Fig. 18 – Opções de adaptação (fonte: Relatório do GTL, 2014)

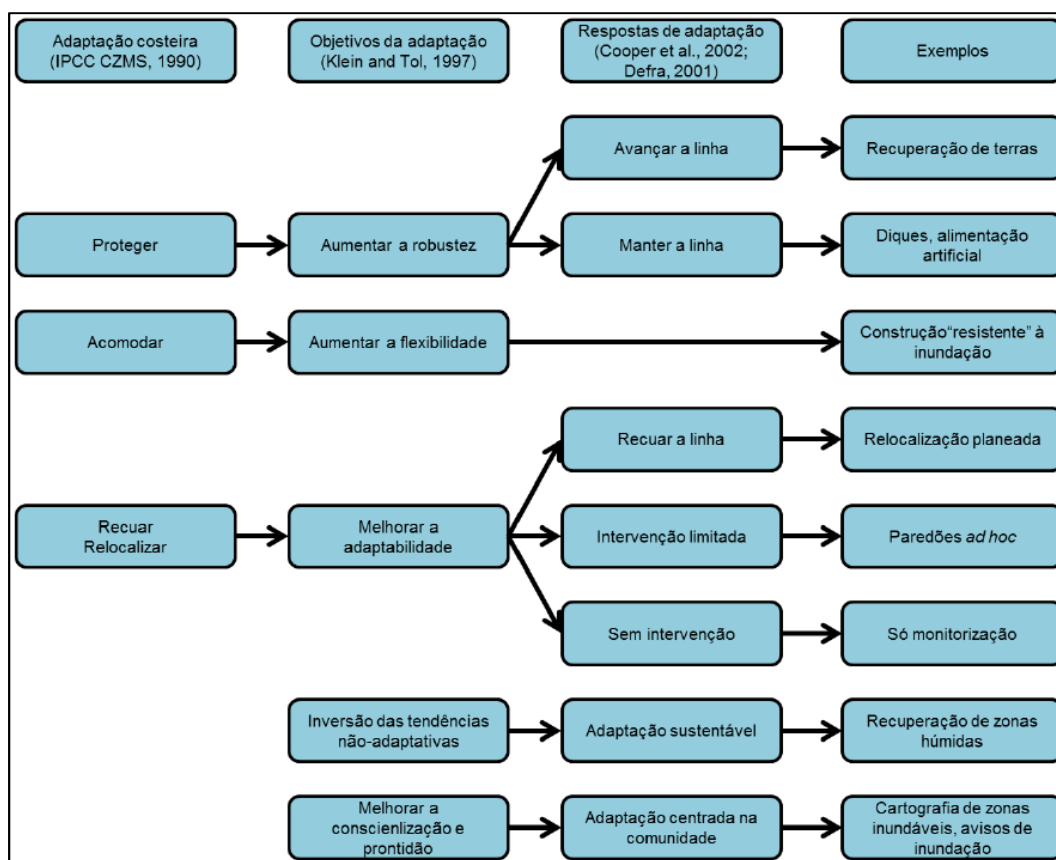


Fig. 19 – Respostas de adaptação (fonte: Relatório do GTL, 2014)

2.6. PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA

2.6.1. ÂMBITO

Conforme descrito na página da APA (2017c), com a publicação da Lei de Bases Gerais de Política Pública de Solos, de Ordenamento do Território e de Urbanismo (LBPSOTU), Lei n.º 31/2014, de 30 de maio, foi alterado o sistema de gestão territorial. Assim, os planos especiais, que incluem os Planos de Ordenamento da Orla Costeira, passam a ser designados Programas da Orla Costeira. As entidades públicas estão vinculadas aos POC, que prevalecem sobre os planos territoriais de âmbito intermunicipal e municipal.

A revisão dos POOC do continente português resultou na elaboração de cinco POC, de acordo com os limites indicados na Figura 20 e resumidos no Quadro 5.

Quadro 5 – Programas da Orla Costeira (fonte: APA, 2017c)

Região Hidrográfica	Programa da Orla Costeira
Norte	Caminha – Espinho
Centro	Ovar – Marinha Grande
Tejo e Oeste	Alcobaça – Cabo Espichel
Alentejo	Espichel – Odeceixe
Algarve	Odeceixe – Vilamoura



Fig. 20 – Limites dos Programas da Orla Costeira (adaptado de: APA, 2017c)

2.6.2. PROGRAMA PARA A ORLA COSTEIRA OVAR – MARINHA GRANDE

Em junho de 2010 deu-se o início da elaboração da proposta de revisão do Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar-Marinha Grande (APA 2017d), determinada pelo Despacho n.º 22400/2009, de 9 de outubro, alterado pelo Despacho n.º 7170/2010, de 23 de abril.

Este documento foi elaborado de acordo com as diretivas da LBPSOTU, Lei n.º 31/2014, de 30 de maio, do Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio, que estabelece o novo regime jurídico dos instrumentos de gestão territorial, e com base nas conclusões do Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral (GTL), criado através do Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio de 2014.

Assim, a ordem dos trabalhos de revisão do Plano de Ordenamento da Orla Costeira de Ovar – Marinha Grande, que resultou no Programa de Orla Costeira Ovar – Marinha Grande (POC-OMG), resumem-se de acordo com o cronograma apresentado na Figura 21.

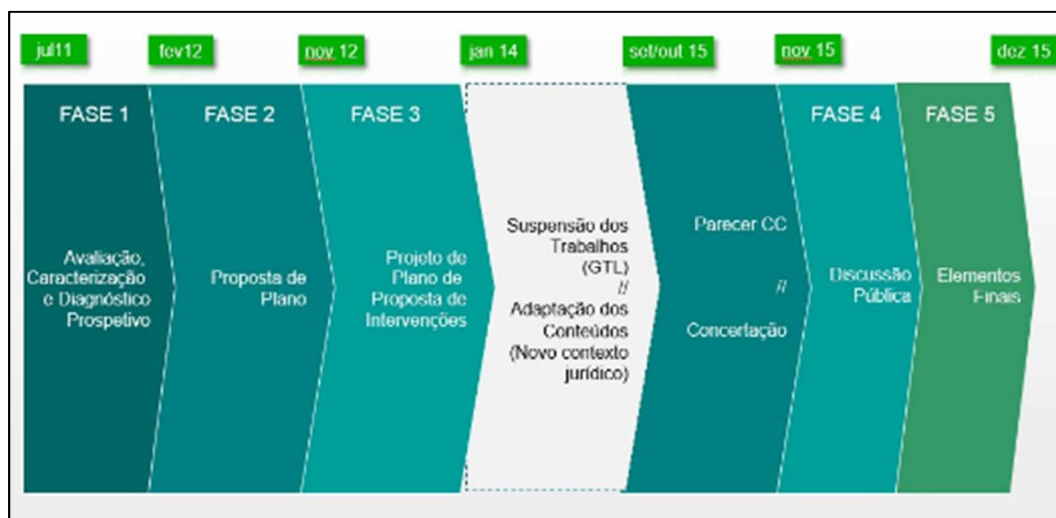


Fig. 21 – Cronograma dos Trabalhos de Revisão (fonte: APA, 2017d)

O POC-OMG abrange 11 concelhos e 23 freguesias, dos municípios de Ovar, Murtosa, Aveiro, Ílhavo, Vagos, Mira, Cantanhede, Figueira da Foz, Pombal, Leiria (onde se insere a Praia do Pedrógão) e Marinha Grande. Estão incluídos, nos termos do n.º 1 do artigo 21.º da Lei n.º 58/2005, de 29 de dezembro, as águas marítimas costeiras e interiores e os respetivos leitos e margens, assim como as faixas de proteção marítimas e terrestres, inseridos na área de circunscrição territorial da ARH Centro. No total, o POC-OMG tem como alvo uma área de intervenção com, aproximadamente, 970 km², ao longo de 140 km da orla costeira.

Conforme descrito no Programa de Execução e Plano de Financiamento do POC-OMG, publicado em outubro de 2015, o Modelo Estratégico do POC-OMG está assente em 4 objetivos, de acordo com o esquema da Figura 22.



Fig. 22 – Estrutura do Programa de Execução (fonte: POC-OMG, 2015)

Para a Praia do Pedrógão, as intervenções previstas até 2027 estão divididas em 8 ações, prevendo um investimento total de 24 845 275 €. As entidades envolvidas nas diferentes ações a realizar na Praia do Pedrógão serão a APA ou a CM Leiria.

No Anexo II está uma tabela-resumo das ações previstas no POC-OMG, à data da sua publicação (outubro de 2015), à qual foi adicionada informação acerca da situação atual (junho de 2017). Destas ações destacam-se as seguintes: reabilitação e manutenção da defesa aderente DA18 (A143); reforço do cordão dunar a sul do promontório (A154); alimentação artificial de areias - frente urbana, a norte e sul do promontório (A169); construção de um esporão mergulhante localizado no promontório (A175); acesso à arte xávega (A194).

- A143: A forte agitação marítima registada durante o inverno 2016/2017 provocou danos severos na estrutura aderente na zona da foz do ribeiro (Casal Ventoso). Assim, a partir de uma reunião entre a CM Leiria e a APA, foi tomada a decisão de reabilitar esta estrutura.
- A154: A execução da extensão da estrutura aderente a sul do promontório, em 2015, tal como previsto com a revisão do POOC, permitiu a estabilidade do cordão dunar. Desde 2015 até ao presente, apesar de a estrutura aderente ter sofrido ligeiros galgamentos durante tempestades, não se registaram consequências gravosas ao longo deste troço. Assim, o reforço do cordão dunar a sul do promontório com o intuito de antecipar a resposta aos problemas erosivos, com execução prevista entre 2016 e 2017, não foi, ainda, executado.

- A169: A alimentação artificial é a ação apresentada no POC-OMG que representa a maior parte do investimento previsto na Praia do Pedrógão até 2027: 21 600 000 €. O POC-OMG apresenta valores de investimento elevadíssimos para alimentações artificiais de areia, a executar em vários troços entre Ovar e a Marinha Grande: um total de 276 600 000 € a executar entre 2016 e 2027. Nunca em Portugal foram realizadas alimentações artificiais de areia desta magnitude: o valor total previsto pelos POOC em vigor, em todo o país, é de cerca de 30 000 000 €, sendo que este valor não foi executado na sua totalidade. No Anexo III, apresentam-se as ações relacionadas com alimentações artificiais de areia, para todo o país, conforme o previsto pelos diversos POOC em vigor e com um resumo da situação à data da publicação do PAPVL 12-15 (junho de 2012), complementado com a situação atual (junho de 2017). No Anexo II, apresentam-se as alimentações artificiais de areia previstas do POC-OMG, discriminadas por todos os troços, entre Ovar e Marinha Grande, que irão ser alvo desta ação. No Quadro 6, apresenta-se um resumo desta informação, por concelho abrangido pelo POC-OMG.

Quadro 6 – Alimentações artificiais de areia previstas no POC-OMG (2015): totais por Concelhos

Concelho	Entidades Envolvidas	Programação Temporal	Programação Financeira	Prioridade
Ovar	APA	2016-2027	66 100 000.00 €	Máxima
Ílhavo	APA	2016-2027	52 400 000.00 €	Máxima
Vagos	APA	2016-2027	27 100 000.00 €	Máxima
Mira	APA	2017-2027	38 300 000.00 €	Máxima
Figueira da Foz	APA	2016-2027	58 000 000.00 €	Máxima
Leiria	APA	2017-2027	21 600 000.00 €	Máxima
Marinha Grande	APA	2017-2027	13 000 000.00 €	Máxima
Total			276 500 000.00 €	

No POC-OMG é referido que estes valores são os ideais a executar, com a maior brevidade possível. No entanto, caso não seja possível atingir estes valores, devem ser executadas alimentações artificiais de areia a sul dos portos de Aveiro e da Figueira da Foz, beneficiando as praias a jusante destes dois locais indiretamente, através do transporte longitudinal de sedimentos pelas correntes marítimas. Assim, presentemente (junho de 2017) não é espectável que seja executada qualquer alimentação artificial de areia diretamente na Praia do Pedrógão, mas sim que a Praia do Pedrógão beneficie, indiretamente, de alimentações artificiais de areia que sejam realizadas a sul do Porto da Figueira da Foz.

- A175: Conforme indicado anteriormente neste Capítulo, a construção de um esporão no promontório da Praia do Pedrógão já fora prevista no passado, apesar desta ação nunca ter tido um estudo mais aprofundado.
- A194: Com o intuito de promover condições para manter a tradição local da arte xávega, a CM Leiria é responsável pela execução de uma rampa de acesso, conforme previsto pelo POC-OMG. O projeto de execução desta intervenção foi concluído em fevereiro de 2017, sendo que aguarda a aprovação do POC-OMG para ser executado.

2.7. ESTRATÉGIA MUNICIPAL DE ADAPTAÇÃO ÀS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

2.7.1. ÂMBITO

Dada a crescente preocupação com as várias projeções que apontam a alterações climáticas, a CM Leiria promoveu a elaboração da Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas. O desenvolvimento desta estratégia teve início em 2015 e foi publicada em fevereiro de 2017, com o apoio do consórcio ClimAdaPT.Local e com contributos de atores-chave do Concelho de Leiria.

De modo a preparar o Município de Leiria para o impacto que alterações climáticas possam vir a causar, a EMAAC propõe opções concretas de adaptação, apresentando a seguinte visão estratégica:

“O Município de Leiria pretende melhorar a sua capacidade para incorporar a adaptação às alterações climáticas nos seus instrumentos de planeamento e nas suas intervenções locais, assim como o aumento do conhecimento sobre as vulnerabilidades do concelho face às alterações climáticas e a consciencialização e educação sobre a temática.”

A adaptação às alterações climáticas no ordenamento do território e urbanismo, prevista na EMAAC, tem por base uma política que se concretiza através do sistema de gestão territorial estabelecido pelas bases gerais da política pública de solos, de ordenamento do território e de urbanismo (Lei n.º 31/2014, de 30 de maio), e pelo novo Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial (RJIGT; estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio).

Em conformidade com a Estratégia Nacional de Adaptação às Alterações Climáticas, este documento foi estruturado de acordo com os seguintes objetivos:

- *“Identificação e avaliação das vulnerabilidades atuais e futuras;*
- *Implementação de opções de adaptação face às vulnerabilidades identificadas;*
- *Divulgação da EMAAC para sensibilização e participação pública;*
- *Disseminação da experiência municipal sobre a adaptação aos Municípios limítrofes e a outras entidades.”*

2.7.2. IMPACTOS PROVOCADOS PELAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS

As projeções para as alterações climáticas perspetivadas para o Município de Leiria presentes no EMAAC, têm como base os dados do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Estas projeções estão resumidas na tabela da Figura 23, sendo que as variáveis climáticas estudadas foram a precipitação média anual e ocorrência de fenómenos extremos, a temperatura média anual e o nível médio da água do mar.

Através da pesquisa de uma série de documentos relacionados com o clima, produzidos por entidades diversas (CM Leiria, Bombeiros Municipais, Proteção Civil, Instituto Português do Mar e Atmosfera, imprensa, artigos científicos, teses académicas, entre outros) entre 2002 e 2014, foi possível identificar as consequências já observadas no Município de Leiria. No que diz respeito à zona costeira do concelho, os eventos climáticos mais graves são a forte ondulação e a subida do nível médio das águas do mar, aos quais se associam as seguintes consequências: erosão costeira; danos em edifícios e infraestruturas; destruição do cordão dunar; danos para a vegetação e biodiversidade.



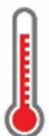





Variável climática	Sumário	Alterações projetadas
	 Diminuição da precipitação média anual	<p>Média anual Diminuição da precipitação média anual, podendo variar entre 7% e 33% no final do séc. XXI.</p> <p>Precipitação sazonal Nos meses de inverno não se verifica uma tendência clara (variações entre -31% e +11%), projetando-se uma diminuição no resto do ano, que pode variar entre 10% e 33% na primavera e entre 9% e 36% no outono.</p> <p>Secas mais frequentes e intensas Diminuição do número de dias com precipitação, entre 9 e 29 dias por ano. Aumento da frequência e intensidade das secas no sul da Europa [IPCC, 2013].</p>
	 Aumento da temperatura média anual, em especial das máximas	<p>Média anual e sazonal Subida da temperatura média anual, entre 1°C e 4°C, no final do século. Aumento acentuado das temperaturas máximas no outono (entre 2°C e 5°C).</p> <p>Dias muito quentes Aumento do número de dias com temperaturas muito altas ($\geq 35^{\circ}\text{C}$), e de noites tropicais, com temperaturas mínimas $\geq 20^{\circ}\text{C}$.</p> <p>Ondas de calor Ondas de calor mais frequentes e intensas.</p>
	 Subida do nível médio da água do mar	<p>Média Aumento do nível médio do mar entre 0,17m e 0,38m para 2050, e entre 0,26m e 0,82m até ao final do séc. XXI (projeções globais) [IPCC, 2013]. Outros autores indicam um aumento que poderá chegar a 1,10m em 2100 (projeções globais) [Jevrejeva et al., 2012].</p> <p>Eventos extremos Subida do nível médio do mar com impactos mais graves, quando conjugada com a sobrelevação do nível do mar associada a tempestades (<i>storm surge</i>) (projeções globais) [IPCC, 2013].</p>
	 Aumento dos fenómenos extremos de precipitação	<p>Fenómenos extremos Aumento dos fenómenos extremos, em particular de precipitação intensa ou muito intensa (projeções nacionais) [Soares et al., 2015]. Tempestades de inverno mais intensas, acompanhadas de chuva e vento forte (projeções globais) [IPCC, 2013].</p>

Fig. 23 – Resumo das principais alterações climáticas projetadas para o Município de Leiria até final do séc. XXI (fonte: EMAAC Leiria, 2017)

2.7.3. RESPOSTAS DE ADAPTAÇÃO

Dentro das várias respostas de adaptação às alterações climáticas propostas na EMAAC, as que revelam maior interesse à Praia do Pedrógão são as classificadas com o parâmetro de ação em zonas costeiras. No Anexo II está uma tabela-resumo das ações previstas para as zonas costeiras, na EMAAC. Nesta tabela, para cada ação é apresentado qual o objetivo pretendido, a avaliação de prioridades e a calendarização prevista para a sua execução, não sendo proposto qual o investimento para cada ação. A ordem de prioridades das propostas de adaptação, estas foram avaliadas numa escala de 1 (baixa) a 5 (alta) de acordo com os seguintes critérios: eficácia; eficiência; equidade; flexibilidade; legitimidade; urgência e sinergias (concordância com outros objetivos estratégicos).

Em suma, as principais condicionantes às opções de adaptação para a zona costeira do Município prendem-se com a necessidade de otimização dos modelos de gestão existentes, necessidade de maior conhecimento técnico-científico e necessidade de acordo e envolvimento de atores locais. Verifica-se, ainda, o dilema entre a ocupação urbanística de zonas em risco de erosão contra a artificialização das praias, que coloca em causa os valores paisagísticos existentes.

Destas ações apresentadas para as zonas costeiras destacam-se as seguintes: contribuir para uma gestão sustentada do litoral, nomeadamente vertendo para os instrumentos de gestão territorial municipais, as normas específicas que concretizam os regimes de salvaguarda da orla costeira plasmados no POC-OMG; implementar estruturas de defesa, possivelmente submersas (para evitar o aumento da erosão costeira a sul); definir um modelo jurídico-económico para eventuais medidas de deslocalização da frente marítima; encetar esforços para a estabilização da duna primária. Para cada uma delas foi identificado um conjunto de fatores condicionantes e potenciadores, que deverão estar presentes na implementação das mesmas, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Principais fatores condicionantes e potenciadores da implementação das opções de adaptação para a zona costeira do Município de Leiria (fonte: EMAAC Leiria, 2017)

Ação	Fatores condicionantes	Fatores potenciadores
Contribuir para uma gestão sustentada do litoral, nomeadamente vertendo para os instrumentos de gestão territorial municipais, as normas específicas que concretizam os regimes de salvaguarda da orla costeira plasmados no POC-OMG	<ul style="list-style-type: none"> - Complexidade da gestão do litoral; - Número de entidades envolvidas; - Deslocalização não é consensual; - Presença de eucaliptos em zona costeira; - Obras do porto da Figueira da Foz provocaram problemas a sul, incluindo no Pedrógão; - Custos periódicos associados à alimentação artificial de praias; - Necessidade de acordo com pescadores devido à diminuição de locais onde é permitida a colocação de redes; - Discordância com os pescadores em relação à localização dos apoios de pesca definidos no POOC (atual POC). 	<ul style="list-style-type: none"> - Último POOC (atual POC) já integrou questão das alterações climáticas; - Oportunidade para colaboração entre entidades (CM, LNEC, APA-ARH Centro, Marinha); - Potencial turístico/beleza paisagística das rochas da Praia Norte; - Oportunidade para impor limite à aprovação da urbanização em zonas críticas; - Promoção da corresponsabilização de atores-chave na implementação da EMAAC; - Estratégia de comunicação dirigida a comunidades específicas.
Implementar estruturas de defesa, possivelmente submersas (para evitar aumentar de erosão costeira)	<ul style="list-style-type: none"> - Recursos financeiros; - Complexidade da gestão do litoral; - Número elevado de entidades envolvidas; - Forte erosão costeira; - Necessidade de acordo com pescadores devido à diminuição de locais onde é permitida a colocação de redes; - Não aceitação da medida pelos pescadores (Arte Xávega prejudicada); - Artificialização das praias pode ter impactos negativos na paisagem (e turismo). 	<ul style="list-style-type: none"> - Oportunidade para colaboração entre entidades (CM, LNEC, APA-ARH Centro, Marinha); - Potencial turístico/beleza paisagística das rochas da Praia Norte; - Oportunidade para impor limite à aprovação de urbanização em zonas críticas; - Promoção da corresponsabilização de atores-chave na implementação da EMAAC; - Estratégia de comunicação dirigida a comunidades específicas; - Oportunidade para dragar o Mondego (muito assoreado).
Definir um modelo jurídico-económico para eventuais medidas de deslocalização da frente marítima	<ul style="list-style-type: none"> - Custos associados; - Falta de conhecimento científico; - Desarticulação institucional; - Dificuldade de aceitação por parte das comunidades afetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Articulação com centros de investigação; - Estratégia de comunicação dirigida a comunidades específicas: pescadores/empresários/técnicos municipais/ decisores públicos.
Encetar esforços para a estabilização da Duna Primária	<ul style="list-style-type: none"> - Custos associados; - Necessidade de maior conhecimento científico; - Necessidade de maior articulação institucional; - Dificuldade de aceitação por parte das comunidades afetadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de comunicação dirigida a comunidades específicas; - Envolvimento das Juntas de Freguesia; - Aproveitamento dos canais de divulgação do Município.

Dentro dos fatores potenciadores, destacam-se a importância da divulgação de boas práticas de gestão dos recursos e de adaptação às alterações climáticas e a oportunidade para melhorar a articulação entre entidades e para a promoção da responsabilização de atores-chave na implementação da EMAAC.

A gestão sustentada do litoral pode ser conseguida através dos planos territoriais de âmbito municipal em vigor no Concelho de Leiria, transpondo para peças desenhadas quais as zonas de proteção e faixas de salvaguarda definidas pelo POC-OMG e transpondo as normas específicas definidas no âmbito do POC-OMG para o Plano Diretor Municipal (PDM). Para tal, é necessário reforçar a articulação com o POC-OMG, colaborando com as entidades competentes na promoção e implementação das medidas necessárias. É importante ter em consideração que o PDM de Leiria foi revisto recentemente, tendo sido publicado a 21 de agosto, após 18 anos de revisão. Ainda assim, existe a necessidade de este ser adaptado ao novo POC-OMG, o que levará a uma breve alteração por adaptação prevista no artigo 121º do RJIG.

Apesar de uma classificação mais baixa na avaliação de prioridades, considerou-se que a implementação de estruturas de defesa, possivelmente submersas, merece uma análise mais aprofundada. Esta solução surge como alternativa à construção de um esporão no promontório da Praia do Pedrógão, conforme previsto no POC-OMG, de modo a minimizar os efeitos de erosão costeira a sul. Este tipo de solução tem vindo a ser estudada mas, apesar de ser uma solução bem-sucedida em alguns países, a sua aplicação em zonas costeiras portuguesas não é fácil devido à forte agitação marítima verificada. Em comparação com os esporões, os quebra-mares destacados exigem custos de investimento e de manutenção bastante mais elevados, não só devido aos métodos construtivos associados a cada solução, mas também porque os quebra-mares destacados têm uma área exposta à ondulação muito superior aos esporões, dada a orientação de cada solução, e carecem de maiores quantidades de material, dado que são implantados a maiores profundidades.

O planeamento de uma deslocalização da frente marítima do Pedrógão é uma solução a considerar a médio-longo prazo, como alternativa ao investimento em soluções de proteção costeira, caso estas se demonstrem ineficazes ou demasiado dispendiosas. Este tipo de solução é sempre polémico, uma vez que os habitantes locais dificilmente se mostram disponíveis a aceitar. De modo a facilitar a implementação desta ação, a longo prazo, a construção de edifícios novos na faixa marginal do Pedrógão foi proibida e os projetos de recuperação de construções existentes são de difícil aprovação. No entanto, com a intensidade que o processo erosivo se tem desenvolvido, caso não sejam implementadas medidas capazes de o contrariarem, poderá mesmo vir a ser necessário uma deslocalização da frente marítima do Pedrógão.

A estabilização da duna primária é uma medida que vai ao encontro da ação de reforçar o cordão dunar a sul do promontório (A154), prevista no POC-OMG e no POOC Ovar – Marinha Grande, a executar num futuro próximo. Enquanto o POC-OMG prevê a execução desta ação entre 2016 e 2017, o EMAAC Leiria prevê a sua execução para 2018.

3. HISTÓRICO DE INTERVENÇÕES REALIZADAS

3.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo apresenta uma síntese do histórico de intervenções realizadas na Praia do Pedrógão. Os dados acerca das intervenções realizadas na Praia do Pedrógão foram recolhidos através de fontes diversas, como a pesquisa no Arquivo Municipal de Leiria e Arquivo Distrital de Leiria para intervenções executadas num passado mais longínquo, ou junto de entidades como a CM Leiria, a APA ou os arquivos do Professor Veloso Gomes, para as intervenções mais recentes.

Os registos obtidos mostram intervenções com diversos objetivos e soluções. Estas intervenções foram analisadas, tendo sido demonstrada a sua situação atual, através de monitorização frequente da Praia do Pedrógão entre dezembro de 2016 e junho de 2017.

3.2. PLANO GERAL DE URBANIZAÇÃO

Em 1937, à responsabilidade da Sociedade de Defesa e Propaganda da Praia do Pedrógão, foi executado o paredão que fixou a frente marítima da povoação. Como homenagem ao feito, é possível encontrar a data (1937) na calçada da rua marginal do Pedrógão (Figura 24). O limite da marginal da zona central da Praia do Pedrógão, fixado nesta data, mantém-se no presente.



Fig. 24 – Passeio marginal da Praia do Pedrógão: data de execução do paredão que fixou a rua marginal (27/03/2017)

O primeiro Plano Geral de Urbanização (PGU) da Praia do Pedrógão foi concebido por Ernesto Korrodi, em 1938 (Figura 25). A partir deste plano, é possível perceber que o Pedrógão se localizava apenas na sua atual parte central (entre o atual mercado, a norte, e o posto de turismo a sul).



Fig. 25 – Plano Geral de Urbanização da Praia de Pedrógão de 1938, por Ernesto Korrodi
(fonte: Arquivo Distrital de Leiria)

Nos anos 50, foi elaborado um segundo PGU da Praia do Pedrógão, pelo arquiteto Santa-Rita. Este plano é idêntico ao anterior, tendo sofrido apenas ligeiras alterações. Tal como na Carta Militar 1:25 000, de 1947, este plano mostra uma expansão da povoação para norte, sendo que nesta altura o Pedrógão abrangia a sua parte central e norte (Casal Ventoso).

Em outubro de 1984, foi elaborado o Estudo Preliminar para o PGU da Praia do Pedrógão (Fava 1984), encomendado pela CM Leiria. A elaboração de um novo plano tinha como objetivos impor regras ao grande desenvolvimento imobiliário feito de forma desordenada e dar resposta ao desequilíbrio populacional verificado entre invernos e verões, para o qual a praia não possuía os equipamentos mínimos necessários, conforme consta neste documento:

“Há vários anos que se vem sentindo a necessidade de utilização de um instrumento que permita com facilidade aos Serviços Técnicos da Câmara Municipal de Leiria a apreciação e licenciamento dos projectos na área de Monte Real e Praia do Pedrógão, por forma que as construções se possam inserir num conjunto lógico, permitindo o desenvolvimento destas povoações. Este facto não é válido apenas para Monte Real e Pedrógão, mas também para outras povoações do Concelho, onde se tem vindo a construir de forma mais ou menos anárquica, sem favorecer o desenvolvimento quer das povoações, quer do Concelho. O instrumento de que os Serviços Técnicos têm necessidade deverá permitir que, sem qualquer ambiguidade, se possam informar os proprietários de terrenos interessados em construção acerca do que poderá ser executado e se possa também sem qualquer dúvida apreciar os projectos submetidos ao licenciamento, integrados num conjunto lógico e coerente. É portanto um meio de trabalho, que permitirá de uma forma prática a atuação dos Serviços Técnicos da Câmara Municipal de Leiria, o que se irá obter após a aprovação do Plano de que estes Estudos Preliminares são a primeira fase.”

Este documento critica, ainda, o panorama da arquitetura existente no Pedrógão:

“Se do ponto de vista da urbanização a situação é deplorável por falta de um plano de conjunto e por todas as outras faltas que foram apontadas acima, do ponto de vista de Arquitectura é ainda mais desolador. Constrói-se mesmo sem qualquer preocupação pelo aspecto estético. Salvo raras excepções, a maioria das construções não têm o mínimo nível. Urge disciplinar a construção também, não apenas o urbanismo.”

Este estudo preliminar consistia na primeira fase do novo plano, que seria elaborado após discussão pública, sendo que a segunda fase seria a elaboração do PGU da Praia do Pedrógão final. No entanto, o estudo preliminar não foi levado a discussão pública, tendo sido aprovado diretamente como plano final, sem ter sido realizada a segunda fase do trabalho. Na Figura 26 está a planta do Estudo Preliminar para o PGU da Praia do Pedrógão.

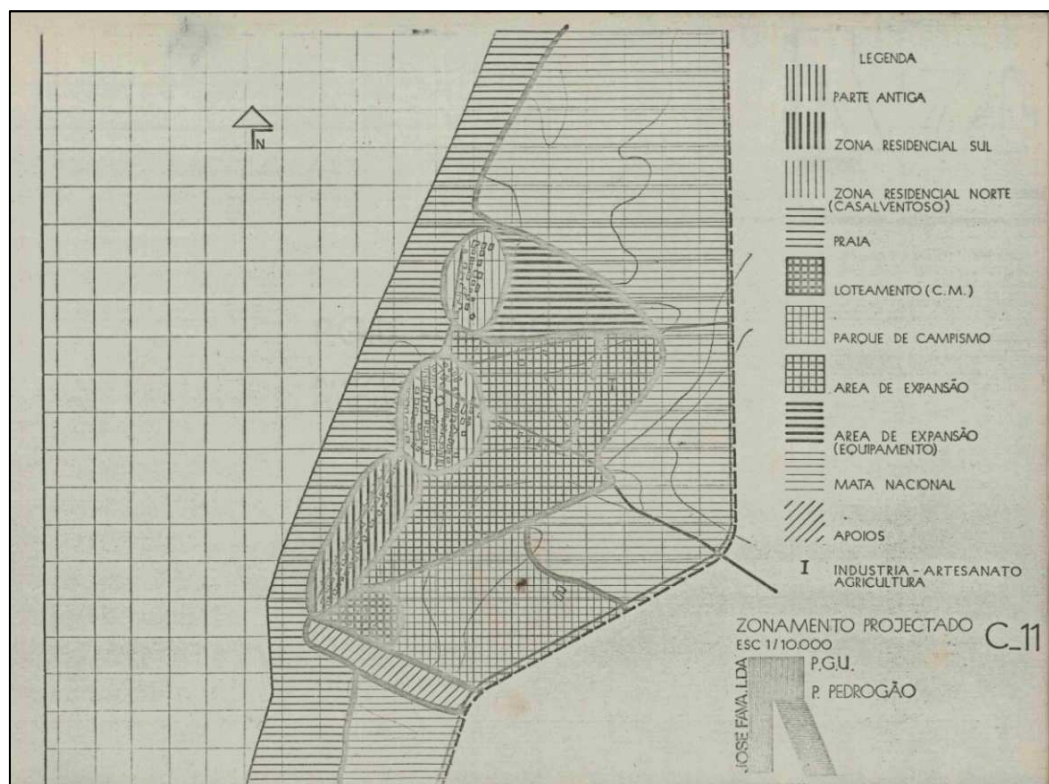


Fig. 26 – Estudo Preliminar para o Plano de Geral de Urbanização do Pedrógão (fonte: Fava, 1984)

Atualmente, este estudo preliminar ainda é utilizado pelos Serviços Técnicos da CM Leiria como guia de referência. No entanto, os planos em vigor para a Praia do Pedrógão são o POOC Ovar – Marinha Grande, para a faixa costeira, e o Plano Diretor Municipal de Leiria, aprovado segundo o Aviso n.º 35/15/SODPGU, a 3 de julho de 2015. Na Figura 27 está parte do PDM de Leiria que abrange a área da Praia do Pedrógão.

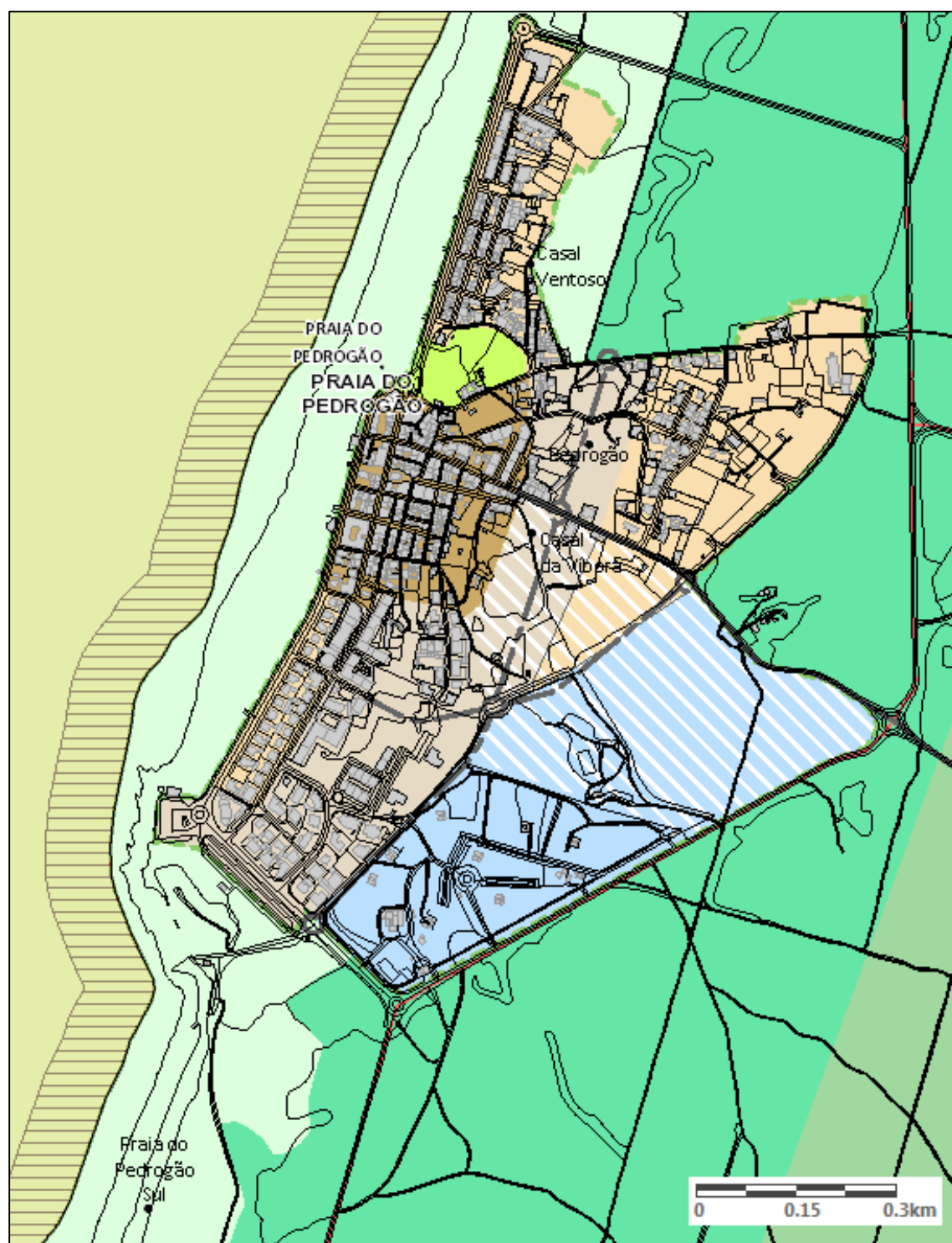


Fig. 27 – Plano Diretor Municipal de Leiria: Praia do Pedrógão (fonte: Portal de Informação Geográfica da CM Leiria, 2017)

Na Figura 28 está representado um modelo da possível expansão urbana da Praia do Pedrógão. A partir dos diversos documentos consultados, percebe-se que a povoação teve origem na sua atual zona central, onde se desenvolveu até final dos anos 30 do séc. XX. Durante os anos 40 e 50 do séc. XX, cresceu para norte (zona do Casal Ventoso) e para uma zona mais interior. Nos anos seguintes, o Pedrógão sofreu uma expansão para sul, com a frente marginal mais próxima do promontório a aparecer na década de 60 do séc. XX e o crescimento para a zona posterior a registar-se ao longo da década seguinte. O parque de campismo da Praia do Pedrógão foi inaugurado no final da década de 70 do séc. XX, tendo sido alvo de ampliação durante a década de 80 do séc. XX.

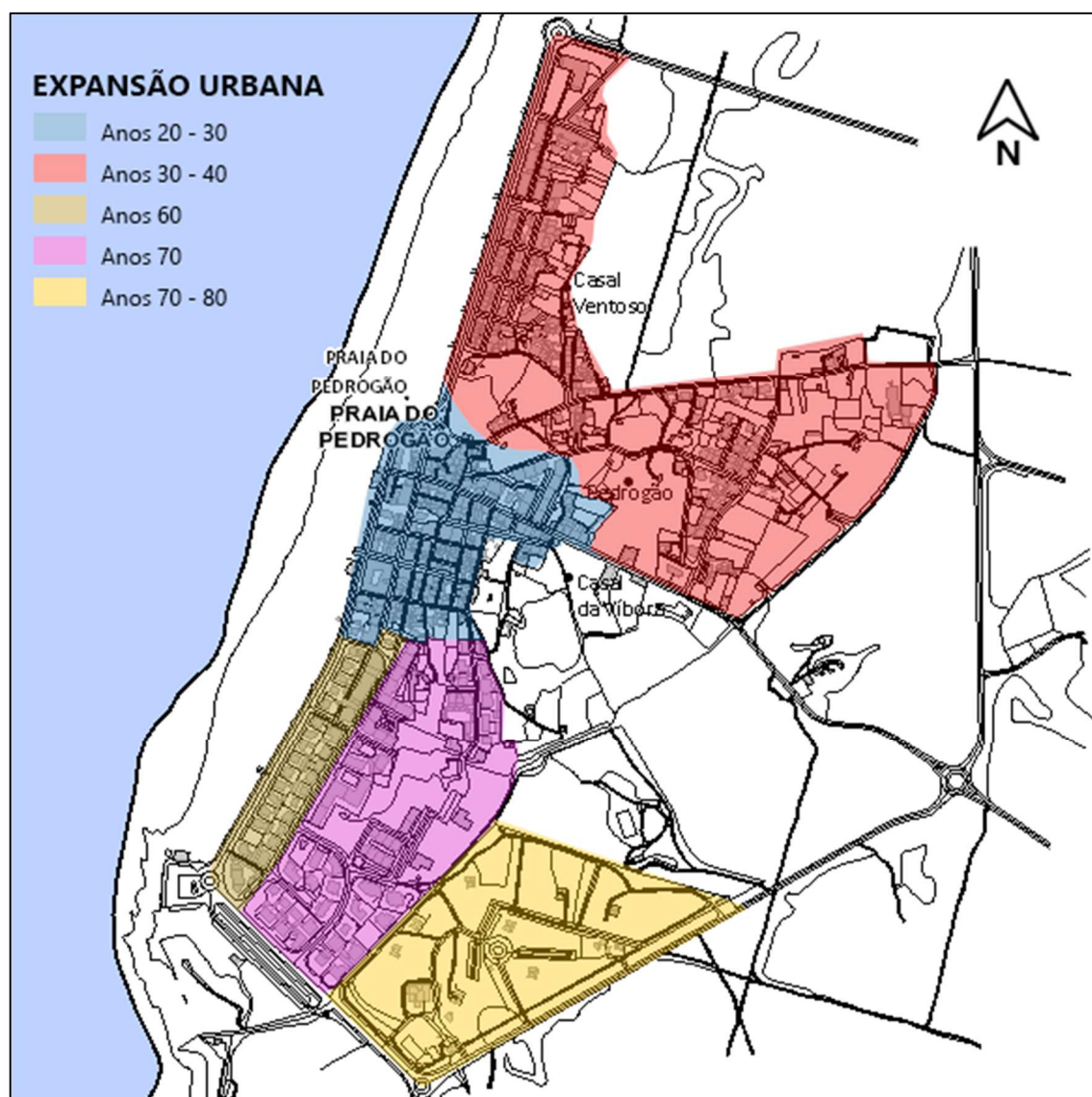


Fig. 28 – Modelo da expansão urbana da Praia do Pedrógão

3.3. ALARGAMENTO DA RUA MARGINAL NO CASAL VENTOSO

Segundo a Memória Descritiva disponibilizada pelo Arquivo Municipal de Leiria, de maio de 1990, do projeto “Praia do Pedrógão – Alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso”, a CM Leiria decidiu o alargamento deste arruamento com o intuito de dar resposta ao fluxo automóvel registado durante a época estival e ao desenvolvimento habitacional. O projeto desta intervenção foi apresentado em fevereiro de 1987, estando a execução da intervenção prevista para junho do mesmo ano, de modo a servir esta época balnear. No entanto, esta intervenção apenas foi concluída em 1988.

Esta intervenção consistiu no alargamento da faixa de rodagem para 9 m de largura, criando, do lado ao mar, um parque de estacionamento e um passeio com muro de suporte com acessos à praia através de escadas. A Figura 29 mostra a planta de implantação desta intervenção e as Figuras 30, 31 e 32 mostram diferentes perfis.

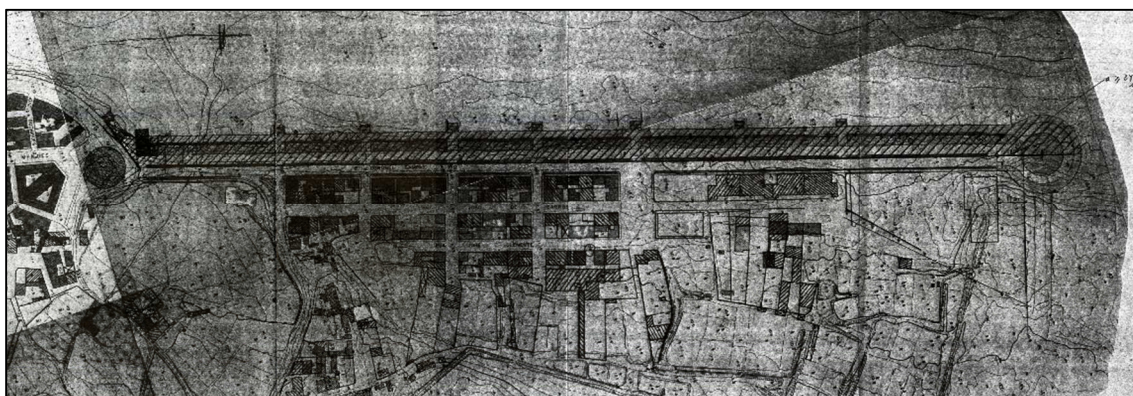


Fig. 29 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Planta
(fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

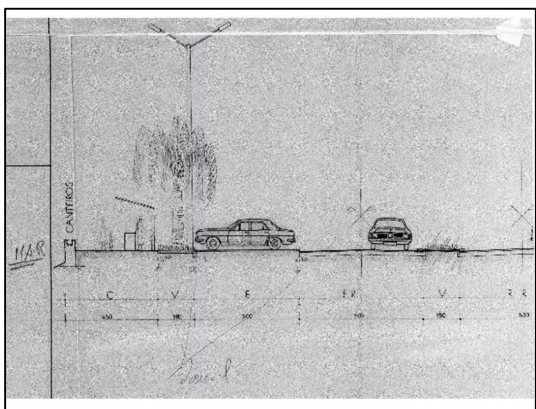


Fig. 30 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 1
(fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

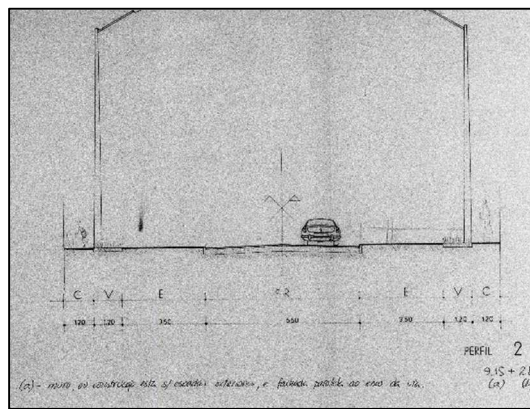


Fig. 31 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 2
(fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

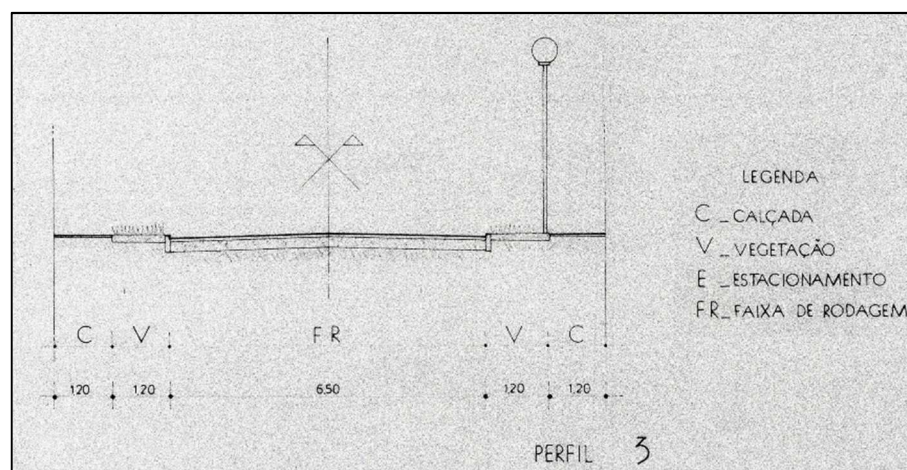


Fig. 32 – Projeto de alargamento da Rua Marginal no Casal Ventoso, de fevereiro de 1987: Perfil 3
(fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

Segundo uma informação emitida pela CM Leiria, em fevereiro de 1988, disponibilizada pelo Arquivo Municipal de Leiria, quando a intervenção se encontrava na sua fase final de execução, foram verificados problemas consequentes das condições meteorológicas adversas, registadas durante este inverno. Assim, de modo a dar resposta a estes problemas, a CM Leiria decidiu implementar novas soluções não previstas no projeto original: execução de um muro de proteção à marginal, idêntico ao já existente na zona central da praia, de modo a evitar que a faixa de rodagem fique coberta por areias projetadas pelo vento; execução de sumidouros para infiltração de águas pluviais.

Em maio de 1988, a CM Leiria recebeu uma queixa por parte de um residente a requerer uma indemnização devido a danos materiais causados pela execução desta intervenção. O residente alegou que o facto do alargamento do arruamento ter sido feito “à custa” de terreno da praia, aliado ao facto de não terem sido tomadas providências necessárias para o escoamento de águas pluviais, deram origem à inundação de culturas provocando prejuízos diversos. No entanto, a CM Leiria deliberou que a inundação se deveu a um fenómeno de pluviosidade excessiva, não sendo da responsabilidade nem da CM Leiria nem do empreiteiro, não tendo sido paga qualquer indemnização ao lesado.

Uma vez que a estrada passou a ocupar a zona do cordão dunar e uma vez que zonas desta natureza apresentam uma grande dinâmica, há relatos de ser frequente a invasão da estrada marginal por areias, transportada eolicamente, havendo casos em que o trânsito automóvel tinha que ser impedido. No presente, apesar de a situação ter melhorado, continuam a registar-se episódios em que a faixa de rodagem fica coberta de areia, principalmente na parte norte do arruamento, conforme demonstrado pelas Figuras 33 e 34, captadas durante o inverno 2016/2017. Esta diminuição do transporte eólico de areias deve-se à diminuição da duna adjacente.



Fig. 33 – Rua Marginal do Casal Ventoso coberta por areia (28/01/2017)



Fig. 34 – Rua Marginal do Casal Ventoso coberta por areia (10/02/2017)

3.4. CONSTRUÇÃO DA ETAR DO PEDRÓGÃO

A ETAR do Pedrógão, construída em 1993, localiza-se sul do Pedrógão, a cerca de 150 m do cordão dunar que limita a praia. A Figura 35 mostra a localização da ETAR do Pedrógão (sinalizada a vermelho).

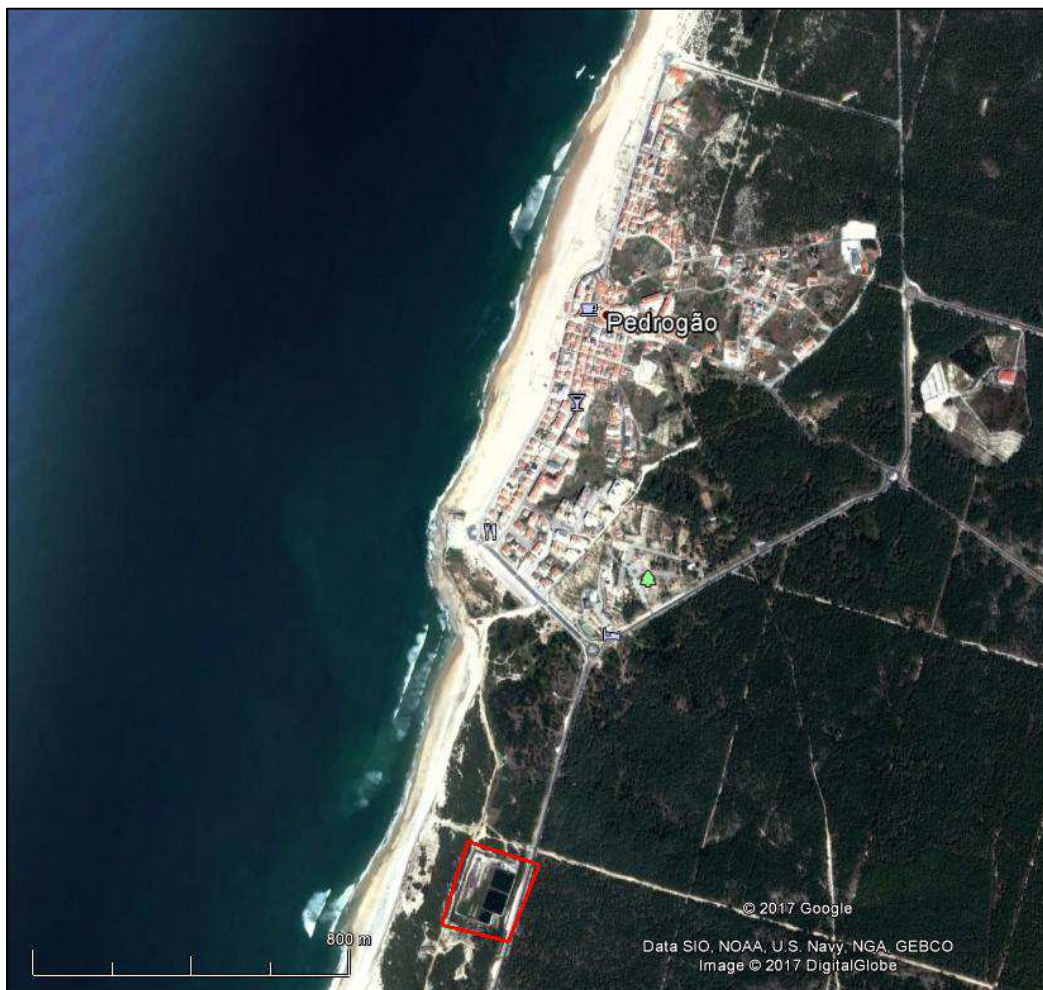


Fig. 35 – Localização da ETAR do Pedrógão (fonte: GoogleEarth)

A ETAR entrou em funcionamento sendo inicialmente concessionada pela CM Leiria (“rede em baixa”). Anos mais tarde, passou a fazer parte do sistema da SIMLis (“rede em alta”), que agora engloba a AdCL. Conforme consta no Contrato de Concessão da ex-SIMLis, a ETAR serve a população da Praia do Pedrógão, recebendo as águas residuais diretamente da “rede em baixa”:

“A ETAR da Praia do Pedrógão tem capacidade de tratamento de 1.832 m³/dia. A ETAR, com um nível de tratamento por lagunagem e trincheiras de infiltração, é constituída por gradagem mecânica, seguida de medição de caudal; duas lagoas em série, com arejamento de superfície através arejadores de eixo vertical. Segue-se uma lagoa de sedimentação, após o que o efluente é lançado em quatro trincheiras de infiltração, que constituem destino final. As lamas retiradas, anualmente, das lagoas são transportadas para outra ETAR do sistema onde são desidratadas em centrífuga e enviadas para destino final, preferencialmente a agricultura.”

A escolha da localização da ETAR do Pedrógão foi extremamente controversa, sendo que a justificação da sua localização seria a de impedir o crescimento indesejado da povoação do Pedrógão para sul. Muitos críticos defendiam, e continuam a defender, que a ETAR nunca deveria ter sido construída sob o campo dunar, devido à elevada dinâmica de areias existente que pode invadir a ETAR, e muito menos deveria ter sido construída tão próxima do mar, devido aos crescentes níveis de erosão verificados, podendo a ETAR correr o risco de ser atingida pela ondulação, numa situação extrema, havendo outras formas de controlar a expansão do Pedrógão.

Ao longo dos últimos anos, a preocupação dos críticos tem-se vindo a verificar. Com o agravamento dos problemas erosivos verificados, o cordão dunar da Praia Sul tem vindo a ser afetado. De maneira a minimizar o risco de o mar avançar sobre a ETAR no futuro, foi necessário recorrer a intervenções de engenharia “pesada”. Em 2003, foi executado o troço inicial de uma estrutura aderente imediatamente a sul do promontório, que sofreu uma extensão em 2015.

3.5. SOLUÇÃO PARA A ESCORRÊNCIA DE ÁGUAS PLUVIAIS NA ZONA CENTRAL DA PRAIA DO PEDRÓGÃO

Segundo carta da CM Leiria para o INAG, enviada em abril de 1998, disponibilizada pelo Arquivo Municipal de Leiria, verificou-se a necessidade de reparar a solução existente para a escorrência de águas pluviais, na zona central da praia. Esta solução, alvo de danos causados por temporais registados no ano anterior, conduziu à erosão da duna, neste local da praia.

Para a reparação, foi proposta a colocação de pedra e de uma manilha, a recolocação de calçada e a reconstrução do muro marginal e da rampa de acesso à praia, prevendo-se um orçamento de 1 700 000 \$ a 2 000 000 \$. A Figura 36 mostra a planta da execução desta intervenção.

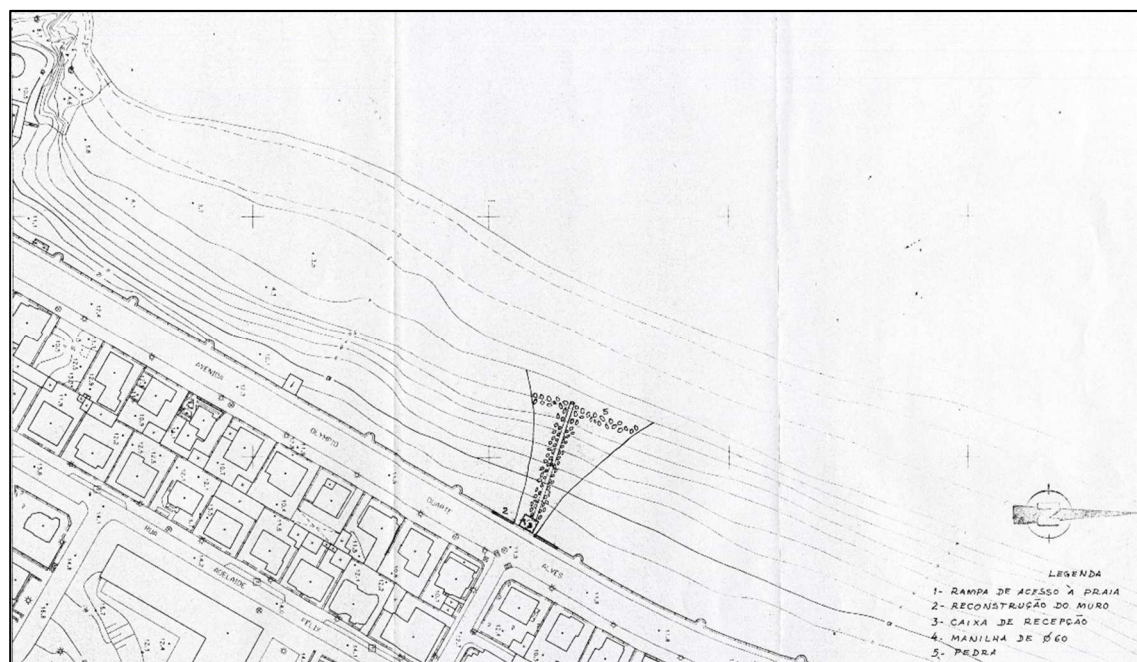


Fig. 36 – Reparação de escorrência de águas pluviais na zona central da Praia do Pedrógão, de abril de 1998: Planta (fonte: Arquivo Municipal de Leiria)

Durante o inverno 2016/2017, esta solução foi novamente danificada, como consequência das tempestades registadas, conforme demonstrado pelas Figuras 37 e 38, captadas durante este inverno.



Fig. 37 – Erosão da duna na zona de escorrência de águas pluviais: vista de frente para o mar (11/03/2017)



Fig. 38 – Erosão da duna na zona de escorrência de águas pluviais: vista de costas para o mar (11/03/2017)

3.6. PROTEÇÃO DA ARRIBA NA PRAIA SUL (2003)

O documento “Protecção da Arriba de Pedrogão – Sul”, de junho de 2002, da Direção Regional do Ambiente e Ordenamento do Território (DRAOT) do Centro, previa a execução de uma intervenção na Praia Sul, com vista a proteger a arriba contra o recuo da linha de costa. Esta intervenção seria realizada num troço imediatamente a sul do promontório, ao longo de 225 metros de linha de costa.

Segundo Veloso Gomes (2003), no âmbito do Protocolo FEUP/INAG Zonas Costeiras, o emagrecimento da praia verificado será devido não só ao facto do promontório assumir o comportamento de um esporão, limitando a deposição natural de areias na zona imediatamente a sul do mesmo, mas também devido a outras causas como alterações nas bacias hidrográficas de rios a barlar e intervenções realizadas no Porto da Figueira da Foz (exemplos: implantação de infraestruturas como os quebramares e realização de dragagens). Apesar duma intervenção desta natureza não estar prevista no POOC, esta pode ser justificada como uma intervenção de urgência para proteger, a curto prazo, bens humanos e materiais, que possam estar em risco, como é o caso da ETAR do Pedrógão, localizada num campo dunar, próxima da praia. Assim, com a execução de uma estrutura aderente desde o promontório até ao extremo sul da ETAR, maciça ou em enrocamento, com a fundação selada em estrato rochoso, com talude inclinado ou em degraus e com um tratamento de integração paisagística, será possível fixar a frente dunar, na extensão da sua implantação, durante vários anos. Contudo, esta intervenção implica uma grande artificialização do local e, face aos fenómenos erosivos em curso, a erosão a linha de costa a sul da intervenção será agravada. Este parecer aconselha, ainda, à não instalação dos apoios de praia no areal da Praia Sul, conforme previsto no POOC, uma vez que estes seriam indefensáveis, devendo estes ser relocados.

Em 2003 foi executada uma primeira fase desta intervenção, que consistiu na execução de uma estrutura aderente ao longo de cerca de 75 metros, conforme o projeto da DRAOT Centro, de outubro de 2002. Segundo Lopes (2003), após a conclusão da intervenção, o talude da arriba foi modelado a 45° de modo a minimizar deslizamentos de terras e a maximizar a sua estabilidade e reforçado na base com enrocamento. O facto de a pedra ser um elemento natural desta região, a sua utilização permite um enquadramento ambiental adequado. Foram, ainda, colocadas guardas em madeira no topo da arriba e no caminho de acesso à praia, de modo a garantir a segurança dos utentes. Conforme aconselhado pelo parecer mencionado, foi criado um apoio de praia num local com uma cota mais elevada, na fronteira entre a extremidade sul do promontório com o início da arriba. Neste relatório estão presentes imagens captadas antes (Figuras 39 e 40), durante (Figuras 41 e 42) e após a intervenção (Figuras 43 e 44).



Fig. 39 – Praia Sul antes da intervenção: vista de sul (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/10/2001)



Fig. 40 – Praia Sul antes da intervenção: vista de norte (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/10/2001)



Fig. 41 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente e reconstituição do talude (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 06/06/2003)



Fig. 42 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 06/06/2003)



Fig. 43 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente e talude, vista de norte (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 10/07/2003)



Fig. 44 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente, talude e apoio de praia, vista de sul (fotografia de: Eng.º António Mota Lopes, Ministério do Ambiente, 01/07/2003)

3.7. PROTEÇÃO DO CORDÃO DUNAR NO TROÇO ENTRE O CASAL VENTOSO E O CENTRO AZUL

3.7.1. ENQUADRAMENTO DA INTERVENÇÃO

Segundo a Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Execução da “Intervenção de Emergência para a Proteção do Cordão Dunar da Praia do Pedrógão no Troço entre o Casal Ventoso e o Centro Azul”, elaborada pelo Departamento do Litoral e Proteção Costeira da APA, em fevereiro de 2014, verificou-se a necessidade de proteger com urgência uma extensão de praia em risco de ser destruída, devido ao processo erosivo verificado ao longo do tempo, mas que foi gravemente agravado pelos temporais registados entre janeiro e fevereiro de 2014. Este projeto foi dividido em três diferentes intervenções, conforme indicado na Figura 45: Troço do Casal Ventoso (a laranja); Troço Intermédio (a verde); Troço do Centro Azul (a vermelho).

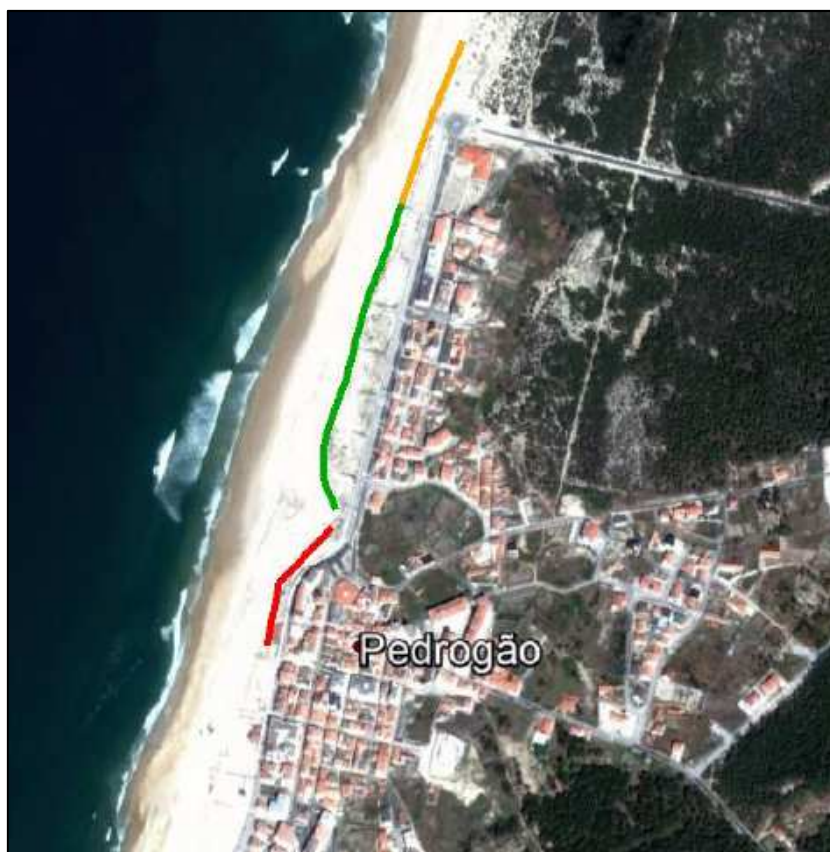


Fig. 45 – Localização das intervenções a executar (fonte: APA, 2014)

Enquanto não foi possível iniciar estas intervenções, devido às condições de tempestade registadas durante o inverno 2013/2014, a CM Leiria viu-se obrigada a recorrer a ripagens de areia, como solução provisória. A areia foi removida da praia a norte do Pedrógão, durante a baixa-mar, e colocada ao longo da área mais afetada, de modo a criar uma barreira de proteção, conforme demonstrado nas Figuras 46 e 47. Durante a preia-mar, a ondulação atingia e destruía esta barreira de proteção, originando um processo cíclico de transposição de areias, ao qual se associam custos e um trabalho exaustivo, que se repetiu entre os meses de janeiro e abril de 2014. Contudo, esta solução provisória foi essencial para minimizar os danos causados pela agitação marítima, ao longo da frente urbana da Praia do Pedrógão.



Fig. 46 – Remoção de areia da praia a norte do Pedrógão (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)



Fig. 47 – Construção de barreira de proteção em areia no Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)

A intervenção foi concluída em novembro de 2014, tendo sido interrompida durante o mês de agosto de modo a minimizar perturbações durante a época balnear.

3.7.2. TROÇO DO CASAL VENTOSO

Esta intervenção pretende a proteção da base do cordão dunar através da colocação de sacos de areia (*geobags*) e reforço do cordão dunar através de recarga de areias, ao longo de 260 m de linha de costa. A areia utilizada nesta intervenção foi retirada da praia adjacente. No Anexo IV apresenta-se a planta de implantação desta intervenção e o perfil tipo. Nas Figuras 48, 49 e 50 apresentam-se imagens captadas antes e após a execução desta intervenção.



Fig. 48 – Troço do Casal Ventoso antes da intervenção: desabamento parcial da rotunda norte (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 12/01/2014)



Fig. 49 – Troço do Casal Ventoso antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 18/01/2014)



Fig. 50 – Troço do Casal Ventoso após a intervenção: reconstrução do cordão dunar sobre estrutura de *geobags* (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 27/01/2015)

Durante o inverno 2016/2017, o talude do cordão dunar deste troço foi atingido e galgado pela ondulação, tendo ficado parcialmente destruído, conforme demonstram as Figuras 51 e 52.



Fig. 51 – Troço do Casal Ventoso: danos na estrutura de *geobags* (11/03/2017)



Fig. 52 – Troço do Casal Ventoso: danos na estrutura de *geobags* (27/03/2017)

3.7.3. TROÇO INTERMÉDIO

Esta intervenção consiste na reconstituição do cordão dunar através da colocação de areias no talude da duna, ao longo de 370 m de linha de costa. A areia utilizada nesta intervenção foi retirada da praia adjacente. No Anexo IV apresenta-se um perfil tipo da intervenção neste troço. Nas Figuras 53 a 56 apresentam-se imagens captadas antes e após a execução desta intervenção.



Fig. 53 – Troço Intermédio antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 12/01/2014)



Fig. 54 – Troço Intermédio antes da intervenção: destruição do cordão dunar (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 15/02/2014)



Fig. 55 – Troço Intermédio após a intervenção: cordão dunar reconstituído e paliçadas para retenção de areias (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 19/03/2015)



Fig. 56 – Troço Intermédio após a intervenção: passadiço de acesso à praia (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 15/04/2015)

Durante o inverno 2016/2017, o talude do cordão dunar deste troço foi atingido pela ondulação, tendo sofrido danos, conforme demonstram as Figuras 57 e 58.



Fig. 57 – Troço Intermédio: danos no cordão dunar e paliçadas (28/02/2017)



Fig. 58 – Troço Intermédio: danos no cordão dunar e paliçadas (27/03/2017)

3.7.4. TROÇO DO CENTRO AZUL

Esta intervenção consiste na construção de uma estrutura longitudinal aderente, em enrocamento de diferentes gamas, com talude de 3:2 (H:V), ao longo de 160 m de linha de costa. Esta intervenção prevê, também, a derivação do ribeiro que desagua no limite norte deste troço, através da execução de dois esporões de guiamento. No Anexo IV apresenta-se a planta de implantação da estrutura aderente desta intervenção e os respetivos perfis transversais, nos quais as linhas a tracejado azul claro representa o perfil existente da duna e a azul escuro o perfil final de enchimento. Apresenta-se, ainda, a representação em planta de um esporão e os perfis do tronco e de rotação da cabeça dos esporões. Nas Figuras 59 a 64 apresentam-se imagens captadas antes, durante e após a execução desta intervenção.



Fig. 59 – Troço do Centro Azul antes da intervenção: danos no Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/01/2014)



Fig. 60 – Troço do Centro Azul antes da intervenção: danos na foz do ribeiro (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 09/02/2014)



Fig. 61 – Troço do Centro Azul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 02/09/2014)



Fig. 62 – Troço do Centro Azul durante a intervenção: construção dos esporões (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 30/09/2014)



Fig. 63 – Troço do Centro Azul após a intervenção: foz do ribeiro (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/10/2014)

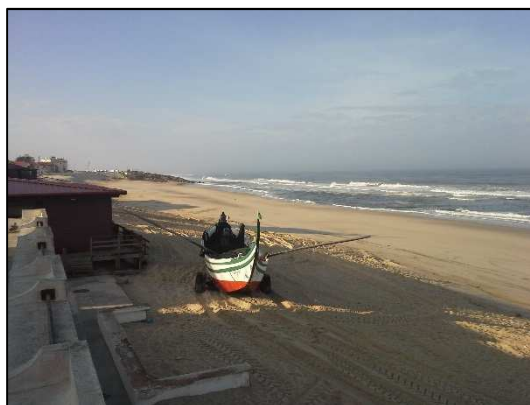


Fig. 64 – Troço do Centro Azul após a intervenção: Centro Azul (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 10/10/2014)

Durante o inverno 2016/2017, o talude da estrutura aderente foi atingido pela ondulação, tendo desabado na zona da foz do ribeiro, conforme demonstram as Figuras 65 e 66.



Fig. 65 – Troço do Centro Azul: danos na estrutura aderente (11/03/2017)



Fig. 66 – Troço do Centro Azul: zona da Rua Marginal em risco de ruína (27/03/2017)

3.8. PROTEÇÃO DA ARRIBA NA PRAIA SUL (2015)

A forte agitação marítima registada durante o inverno de 2014 debilitou, de forma severa, o cordão dunar a sul do promontório do Pedrógão. A erosão deste troço voltou a colocar em risco a ETAR do Pedrógão e o emissário que escoar as águas residuais da povoação para esta, o que poderia provocar graves danos ambientais. Assim, com a revisão do POOC Ovar – Marinha Grande, passou a estar prevista a execução de uma extensão da estrutura aderente da Praia Sul.

De acordo com os projetos realizados e discutidos, entre 2002 e 2003, da estrutura aderente da Praia Sul, foi previsto a execução de uma estrutura com cerca de 200 m. Na altura, não se considerou necessária a execução de uma estrutura com esta extensão, o que poderia agravar a situação de erosão ao longo do cordão dunar consecutivo, sendo apenas executado um troço inicial com cerca de 76 m de extensão.

Esta intervenção consistiu, então, no reforço de dunas a sul do promontório e numa extensão, de 385 m, do troço inicial da estrutura aderente, executada em 2003. A intervenção foi executada entre fevereiro e julho de 2015, de acordo com o Projeto de Execução da Empreitada de Reforço de Dunas e Proteção Marginal na Praia do Pedrógão a Sul do Promontório e Reabilitação de Acessos, elaborado pela APA – ARH Centro, em maio de 2012. A entidade responsável pela execução da intervenção foi a APA, tendo sido realizado um investimento de cerca de 400 000 €.

A Figura 67 mostra a localização da estrutura aderente executada (a rosa), do emissário em risco (a azul) e da ETAR do Pedrógão. A Figura 68 mostra a situação da Praia Sul antes da intervenção e o posicionamento da estrutura aderente a executar.

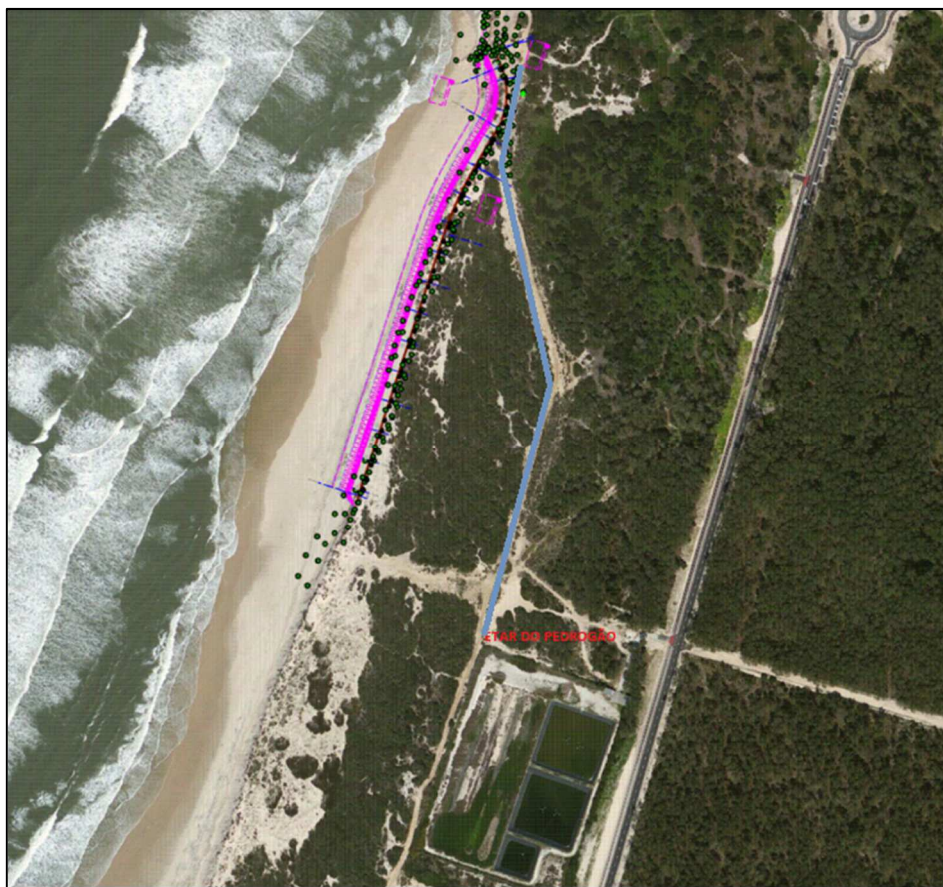


Fig. 67 – Localização da intervenção a executar (adaptado de: APA - ARH Centro, 2012)



Fig. 68 – Representação da intervenção a executar (fonte: APA - ARH Centro, 2012)

No Anexo V estão algumas das peças desenhadas do Projeto de Execução da Empreitada de Reforço de Dunas e Proteção Marginal na Praia do Pedrógão a Sul do Promontório e Reabilitação de Acessos: planta e perfil tipo da estrutura aderente e de painéis informativos, colocados na Praia Sul com o intuito de sensibilizar os utentes para a proteção das dunas. As Figuras 69 e 70 mostram a Praia Sul antes da intervenção, a Figura 71 mostra a Praia Sul durante a intervenção e a Figura 72 mostra a Praia Sul após a intervenção. As Figuras 73 e 74 mostram os painéis informativos de sensibilização para a proteção das dunas colocados na praia.



Fig. 69 – Praia Sul antes da intervenção: vista de norte (fotografia de: Veloso Gomes, 19/04/2011)



Fig. 70 – Praia Sul antes da intervenção: degradação do troço da estrutura aderente construído em 2003 e do cordão dunar a sul (fotografia de: Veloso Gomes, 19/04/2011)



Fig. 71 – Praia Sul durante a intervenção: construção da estrutura aderente (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 29/04/2015)



Fig. 72 – Praia Sul após a intervenção: estrutura aderente e rampa de acesso à praia (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 13/06/2015)



Fig. 73 – Praia Sul: painel informativo tipo 1 (27/03/2017)



Fig. 74 – Praia Sul: painel informativo tipo 2 (02/04/2017)

Durante o inverno 2016/2017, a estrutura aderente foi atingida e galgada pela ondulação, não tendo sido registado nenhuma consequência gravosa para a estrutura, à exceção de danos ligeiros no corrimão da rampa pedonal de acesso à praia, conforme mostram as Figuras 75 e 76.



Fig. 75 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (02/02/2017)



Fig. 76 – Praia Sul: danos no corrimão da rampa de acesso à praia (28/02/2017)

4. AGITAÇÃO MARÍTIMA E CONSEQUÊNCIAS

4.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo apresenta a análise dos registos da boia ondógrafo de Leixões (alturas de onda, períodos e direção da ondulação), disponibilizados pelo Instituto Hidrográfico da Marinha Portuguesa (Instituto Hidrográfico, 2017a), e as consequências registadas na Praia do Pedrógão, entre dezembro de 2016 e junho de 2017. Devido à distância entre a boia ondógrafo de Leixões e a Praia do Pedrógão, poderão existir diferenças entre a agitação marítima registada pela boia ondógrafo de Leixões e a agitação marítima verificada ao largo da Praia do Pedrógão. Para esta análise a diferença não será significativa. Os registos da boia ondógrafo da Nazaré, apesar de estar localizada mais próxima da Praia do Pedrógão, não serão considerados devido ao fenómeno de interação com o Canhão da Nazaré.

É, ainda, realizada uma previsão de alturas de onda significativas associadas a diferentes períodos de retorno, com base em registos de 20 anos da boia ondógrafo de Leixões e analisadas possíveis tendências de variações sazonais e interanuais de volumes de areia em praias, com base em imagens aéreas do GoogleEarth e outros registos.

4.2. DEZEMBRO 2016 – JANEIRO 2017

Durante o início do inverno 2016/2017 não ocorreu nenhuma tempestade relevante. A maior agitação marítima registada ocorreu no dia 28 de janeiro, para o qual foi registada, através da boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), uma altura de onda máxima próxima de 10 metros, sendo a altura de onda significativa cerca de 6 metros. Para este dia, foi registado um período máximo superior a 20 s, com o período médio superior a 15 segundos. Esta pequena tempestade não causou qualquer implicação assinalável.

Os gráficos das Figuras 77, 78 e 79 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões, durante o mês de janeiro de 2017.

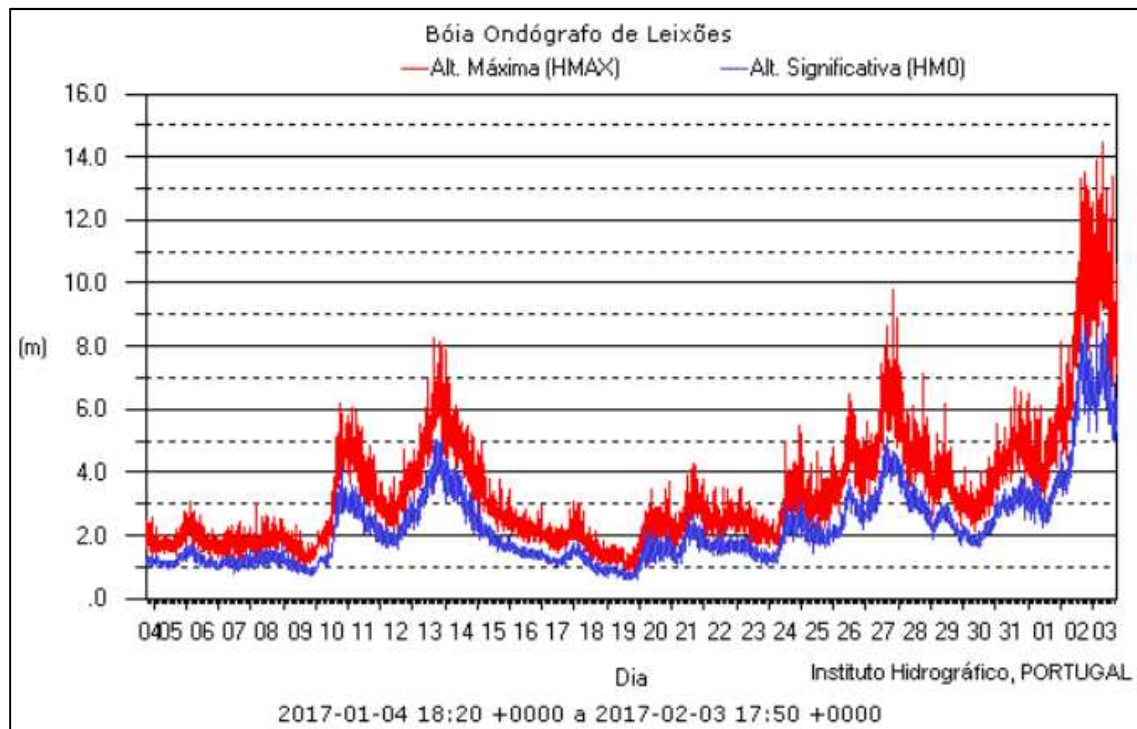


Fig. 77 – Alturas de onda máxima e significativa: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

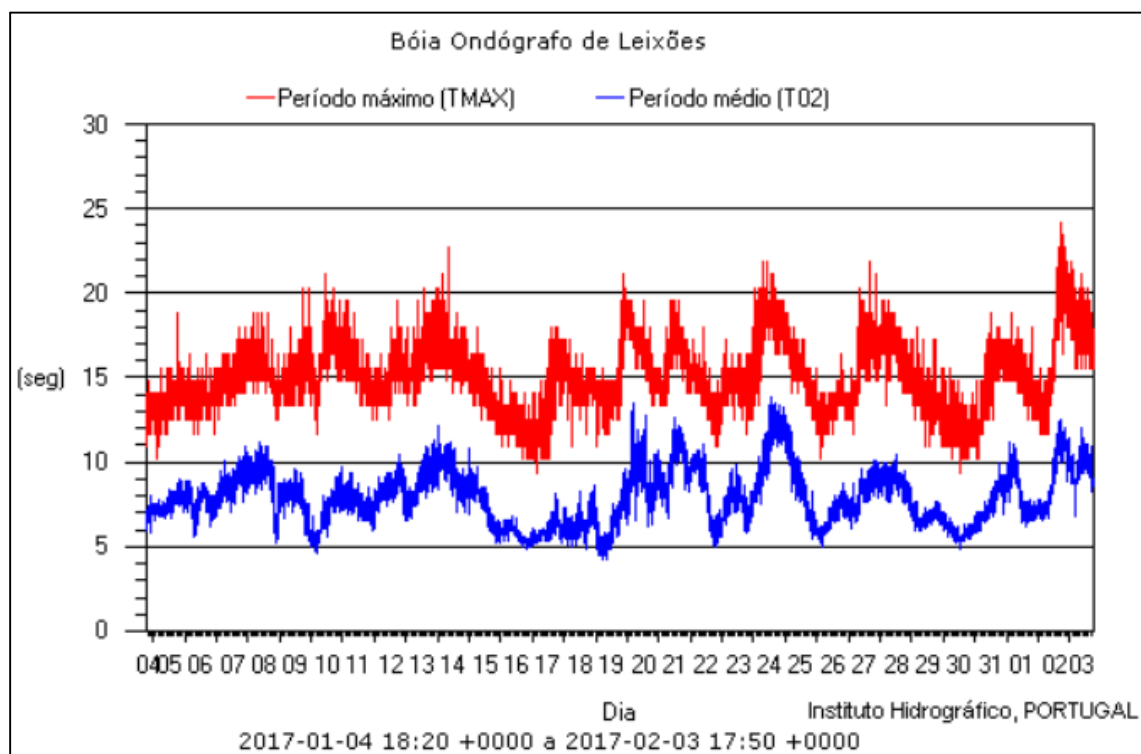


Fig. 78 – Períodos máximo e médio: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

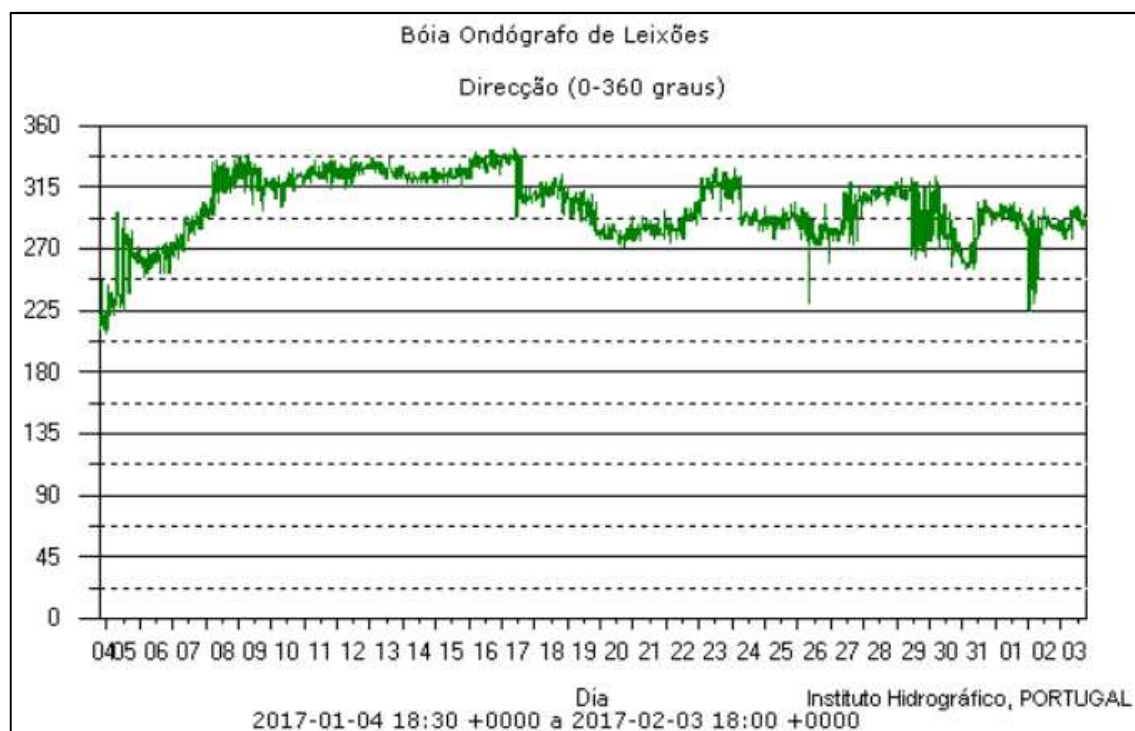


Fig. 79 – Direções da ondulação: janeiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Apesar da fraca agitação marítima durante os meses de dezembro de 2016 e janeiro de 2017, já é visível a redução do areal.

4.3. FEVEREIRO 2017

4.3.1. TEMPESTADE DÓRIS

No início do mês de fevereiro de 2017 o país foi atingido pela Tempestade Dóris. Esta tempestade formou-se ao largo da costa este da América do Norte, tendo atingido a costa oeste de Portugal Continental com uma direção entre oeste (W) e noroeste (NW), conforme demonstrado no Anexo VI.

As previsões apontavam para uma tempestade de dimensões semelhantes a outras grandes tempestades que fustigaram o litoral português num passado recente, como foi o caso da Tempestade Hércules (2014), causando grandes estragos. No caso do Pedrógão destacam-se as seguintes medidas de prevenção adotadas: alerta vermelho decretado pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), entre as 15:00 e as 23:59 do dia 2 deste mês; patrulhamento da praia por elementos da Guarda Nacional Republicana (GNR); monitorização da tempestade por técnicos da CM Leiria.

Segundo registos da boia ondógrafo de Leixões, a altura de onda máxima desta tempestade foi de 14.44 m às 07:30 do dia 3 de fevereiro. Este registo corresponde, também, à maior altura de onda significativa desta tempestade, de 8.74 m. Este momento encontrava-se próximo da situação de preia-mar, que ocorreu às 07:11, com o nível de água a atingir os 3.16 m em relação ao zero hidrográfico, para o Porto de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a). As Figuras 80, 81 e 82 mostram os gráficos com os registos da boia ondógrafo de Leixões, durante o período da Tempestade Dóris. No Quadro 8, está a Tabela de Marés do Porto de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017b), para o período correspondente.

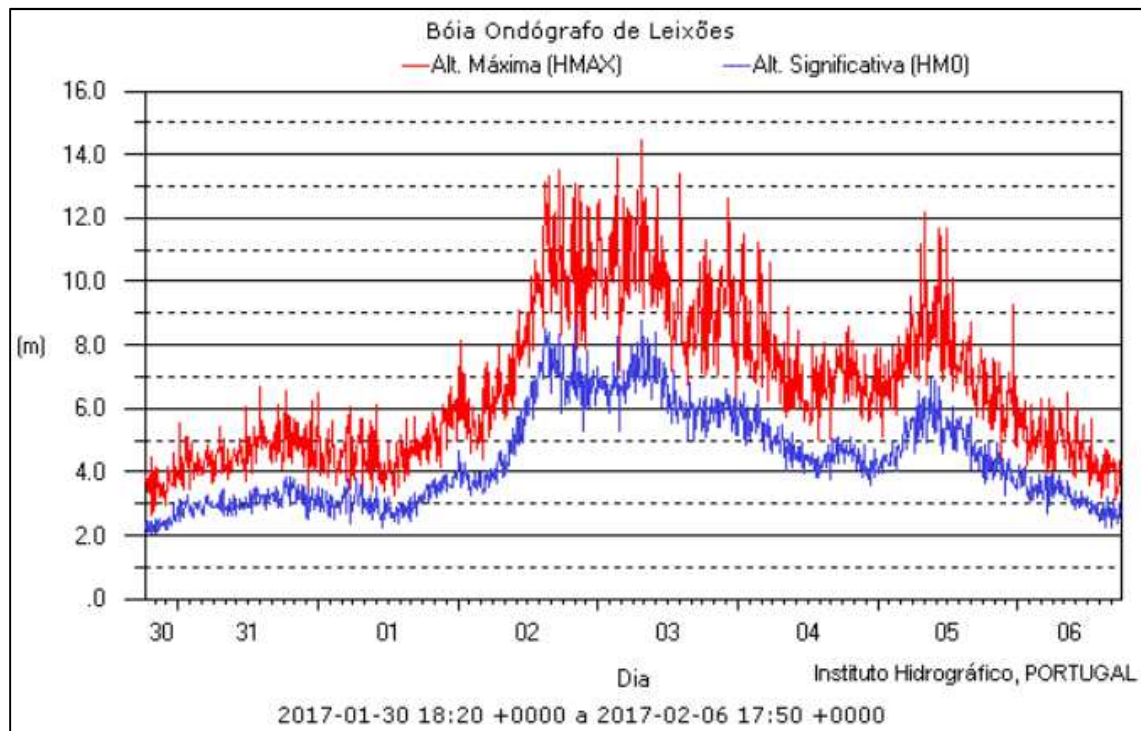


Fig. 80 – Alturas de onda máxima e significativa: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico)

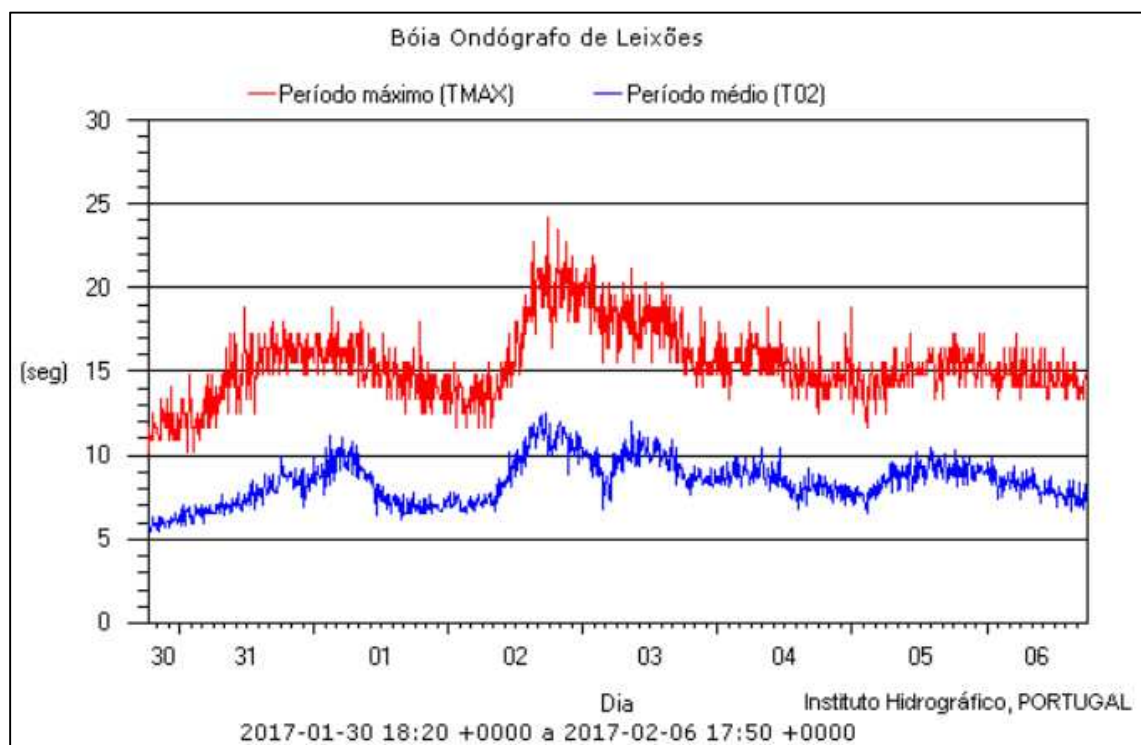


Fig. 81 – Períodos máximo e médio: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico)

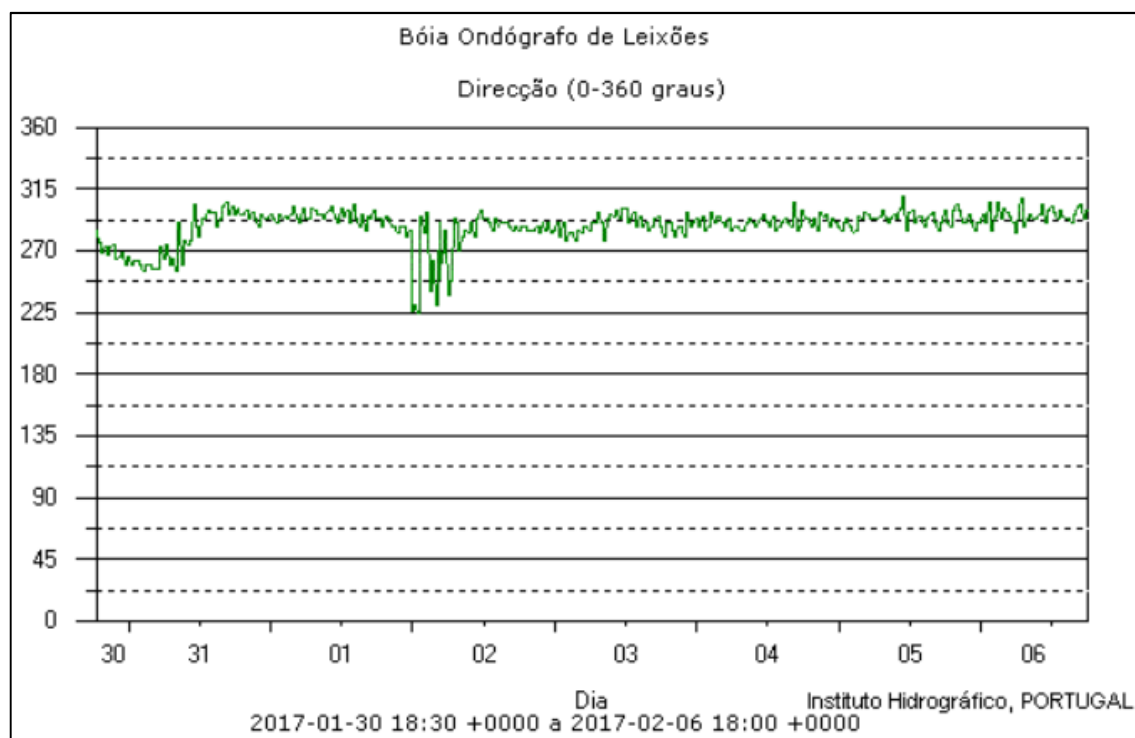


Fig. 82 – Direcções da ondulação: Tempestade Dóris (fonte: Instituto Hidrográfico)

Quadro 8 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 02/02/2017 a 04/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Hora Legal de Inverno (UCT)		Altura (m)	
Qui, 2017-02-02 00:01		0.76	Baixa-mar
Qui, 2017-02-02 06:19		3.33	Preia-mar
Qui, 2017-02-02 12:30		0.76	Baixa-mar
Qui, 2017-02-02 18:46		3.09	Preia-mar
Sex, 2017-02-03 00:51		0.91	Baixa-mar
Sex, 2017-02-03 07:11		3.16	Preia-mar
Sex, 2017-02-03 13:23		0.92	Baixa-mar
Sex, 2017-02-03 19:43		2.95	Preia-mar
Sab, 2017-02-04 01:50	04:19	1.06	Baixa-mar
Sab, 2017-02-04 08:13		2.98	Preia-mar
Sab, 2017-02-04 14:27		1.08	Baixa-mar
Sab, 2017-02-04 20:51		2.85	Preia-mar

No Pedrógão, o período de maior agitação marítima fez-se sentir entre as 18:00 e as 20:00 do dia 2 de fevereiro. Este intervalo resultou da combinação da preia-mar registada às 18:46, desde dia, com um nível de água de 3.09 m ao Zero Hidrográfico (Z.H.), no Porto de Leixões, com o início do período de maior agitação marítima registado durante a noite do dia 2 para dia 3 de fevereiro.

O facto de esta tempestade não ter coincidido com uma situação de marés vivas foi altamente importante na minimização de danos causados. A fase de quarto crescente da Lua foi registada às 04:19 do dia 4 de fevereiro, tendo a Tempestade Dóris coincido com uma situação de maré morta.

Apesar da forte agitação marítima verificada durante esta tempestade, o mar não atingiu nenhum apoio de praia, nem houve registo de ocorrências, na Praia do Pedrógão. As consequências a registar foram as seguintes: limpeza da estrada marginal, que ficou coberta por areia transportada pelo vento e reconstrução de um morro de areia danificado pela ondulação, tendo deixado a estrutura de *geobags* visível, na Praia Norte, em frente à Pousada da Juventude (Figuras 83 e 84); agravamento de instabilidade da estrutura aderente devido à ondulação, no local onde desagua o ribeiro, em frente ao Mercado, tendo sido colocadas grades a vedar o passeio junto ao local (Figuras 85 e 86); galgamentos da estrutura aderente da Praia Sul (Figura 87). A adicionar a estas consequências está a bem visível perda de areia ao longo de toda a Praia do Pedrógão.



Fig. 83 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de *geobags* destruído (02/02/2017)



Fig. 84 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de *geobags* reconstruído (05/02/2017)



Fig. 85 – Praia Norte: danos na estrutura aderente (05/02/2017)

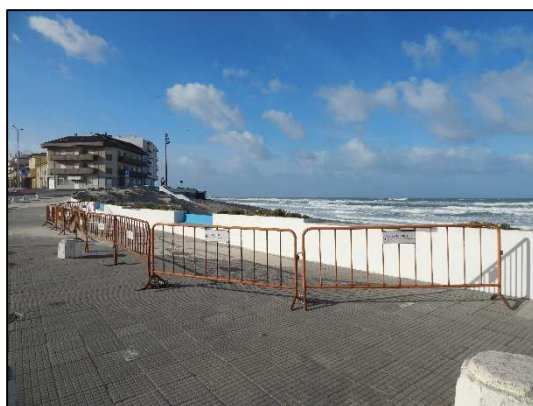


Fig. 86 – Praia Norte: passeio vedado (05/02/2017)



Fig. 87 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (02/02/2017)

No Anexo VII estão os valores registados pela boia ondógrafo de Leixões, para o período correspondente à Tempestade Dóris. Neste quadro é possível observar os registos, de 10 em 10 minutos, das alturas de onda significativas (H_s) e máximas (H_{max}), em metros (m), dos períodos médios (T_z) e máximos (T_{max}), sem segundos (s), da direção da ondulação e da temperatura da água, em graus Celsius (°C).

4.3.2. MARÉS VIVAS DE LUA CHEIA

Uma semana após a passagem da Tempestade Dóris, fizeram-se notar as marés vivas, devido à lua cheia registada no dia 11 de fevereiro, às 00:33. A altura de água máxima registada durante esta situação de Marés Vivas (Preia Mar de Águas Vivas – PMAV), ocorreu dia 12, às 03:39, tendo atingido os 3.68 m em relação ao Z.H., no Porto de Leixões.

No dia 10 de fevereiro, a esta situação de marés vivas, juntou-se uma forte ondulação. Segundo registos da boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), a altura de onda máxima foi de 11.96 m, às 09:40, e a maior altura de onda significativa foi de 6.78 m, às 12:20. Os gráficos das Figuras 88, 89 e 90 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões, durante as marés vivas do mês de fevereiro de 2017. No Quadro 9, está a Tabela de Marés do Porto de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017b), para o período correspondente.

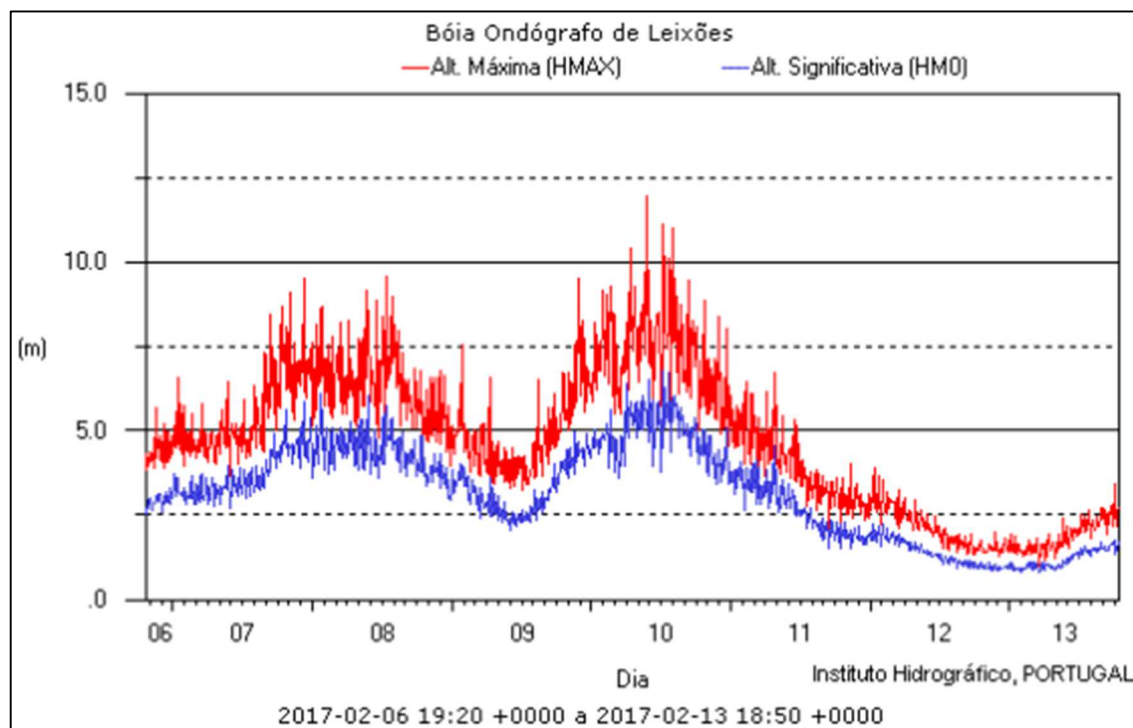


Fig. 88 – Alturas de onda máxima e significativa: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

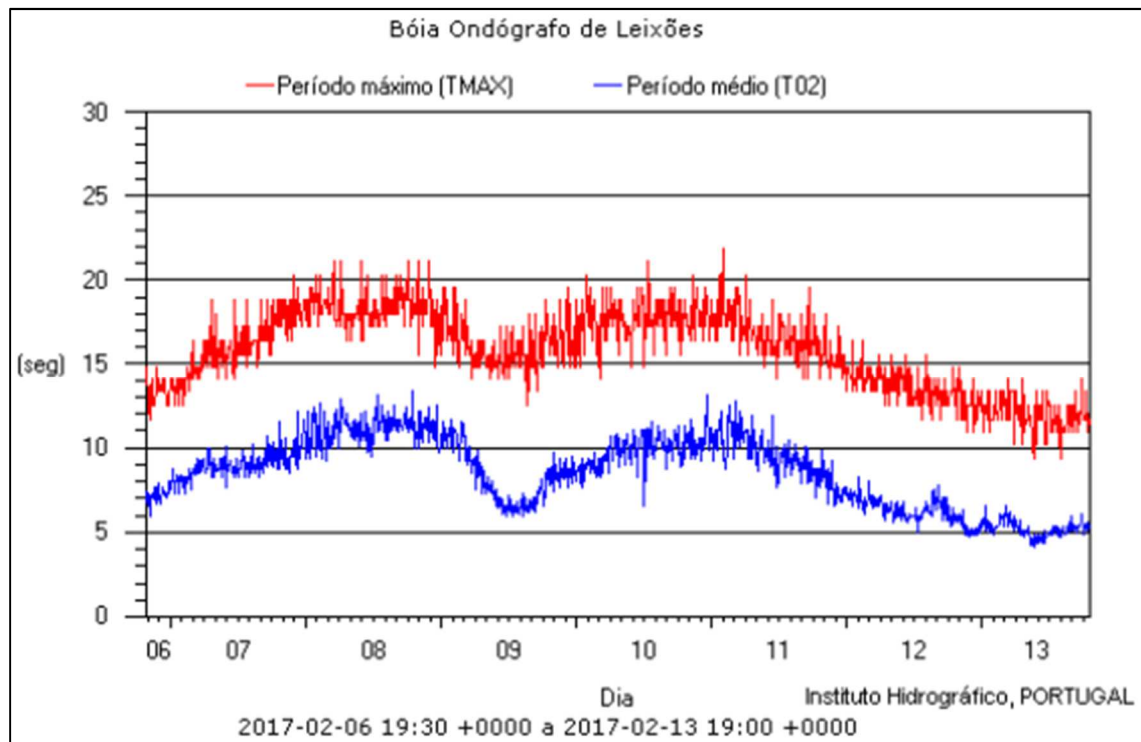


Fig. 89 – Períodos máximo e médio: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

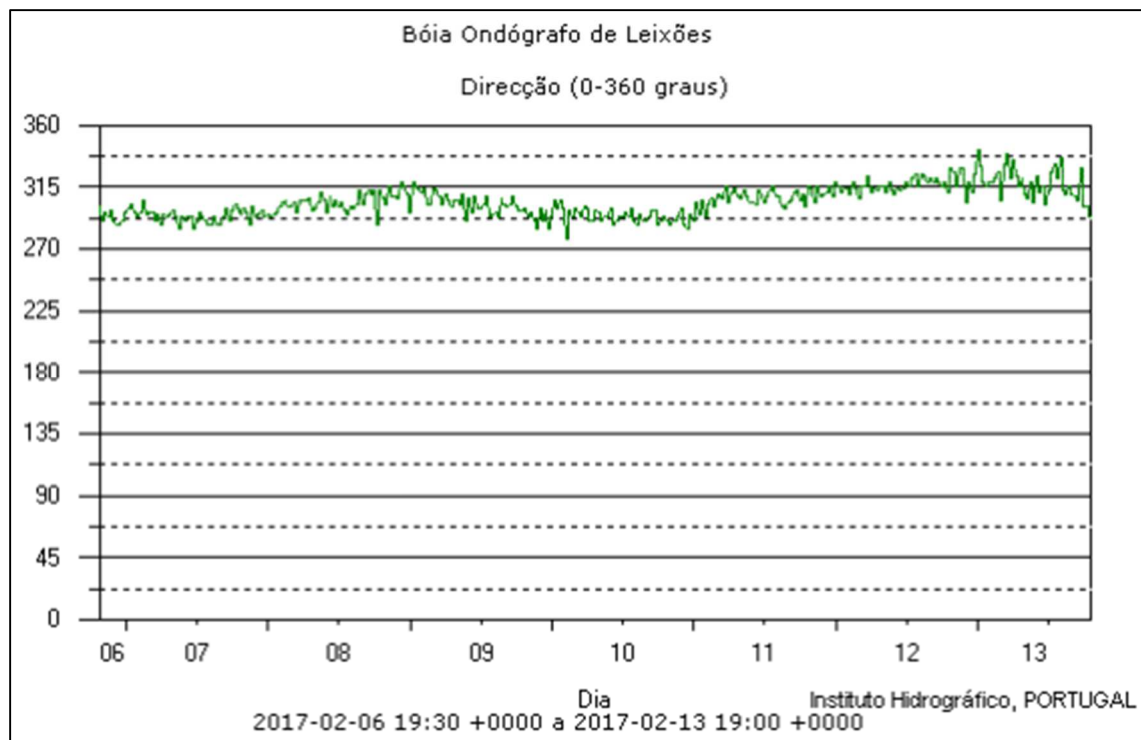


Fig. 90 – Direções da ondulação: marés vivas de fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Quadro 9 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 10/02/2017 a 12/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Hora Legal de Inverno (UCT)		Altura (m)	
Sex, 2017-02-10 02:15		3.54	Preia-mar
Sex, 2017-02-10 08:31		0.46	Baixa-mar
Sex, 2017-02-10 14:41		3.41	Preia-mar
Sex, 2017-02-10 20:42		0.53	Baixa-mar
Sab, 2017-02-11 02:59	00:33	3.66	Preia-mar
Sab, 2017-02-11 09:12		0.38	Baixa-mar
Sab, 2017-02-11 15:23		3.47	Preia-mar
Sab, 2017-02-11 21:22		0.48	Baixa-mar
Dom, 2017-02-12 03:39		3.68	Preia-mar
Dom, 2017-02-12 09:52		0.39	Baixa-mar
Dom, 2017-02-12 16:01		3.45	Preia-mar
Dom, 2017-02-12 22:00		0.50	Baixa-mar

O resultado desta forte agitação marítima registada dia 10 de fevereiro, aliada à situação de marés vivas, foi semelhante ao da Tempestade Dóris. O mar voltou a atingir o morro de areia reconstruído após a tempestade, deixando novamente a descoberto a estrutura de *geobags*, na Praia Norte, em frente à Pousada da Juventude (Figura 91) e a estrutura aderente da Praia Sul foi novamente galgada (Figura 92). Com esta situação, a falta de areia ao longo de toda a praia agravou-se substancialmente.



Fig. 91 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de *geobags* destruído (10/02/2017)



Fig. 92 – Praia Sul: galgamento da estrutura aderente (10/02/2017)

4.3.3. TEMPESTADE DE 28/02/2017

No dia 28 de fevereiro a orla costeira voltou a ser alvo de uma forte tempestade. Esta tempestade teve origem no Atlântico Norte, fazendo com que a ondulação tenha atingido a costa ocidental portuguesa com orientação maioritariamente de noroeste (NW), conforme demonstrado no Anexo VI.

As previsões não apontavam para uma tempestade muito severa, mas uma agitação marítima maior do que a prevista combinada com o efeito de marés vivas provocadas pela Lua Nova, que ocorreu às 14:58 do dia 26 de fevereiro, resultaram numa tempestade com efeitos mais gravosos que a Tempestade Dóris.

Segundo registos da boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), a altura de onda máxima desta tempestade foi de 14.46 m às 04:50 do dia 28 de fevereiro. A maior altura de onda significativa registada para esta tempestade foi de 8.19 m, às 07:30. A preia-mar ocorreu às 03:53, com o nível de água a atingir os 3.70 m em relação ao Z.H., para o Porto de Leixões. As Figuras 93, 94 e 95 mostram os gráficos com os registos da boia ondógrafo de Leixões, durante o período da Tempestade de 28 de fevereiro de 2017. No Quadro 10, está a Tabela de Marés do Porto de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017b), para o período correspondente.

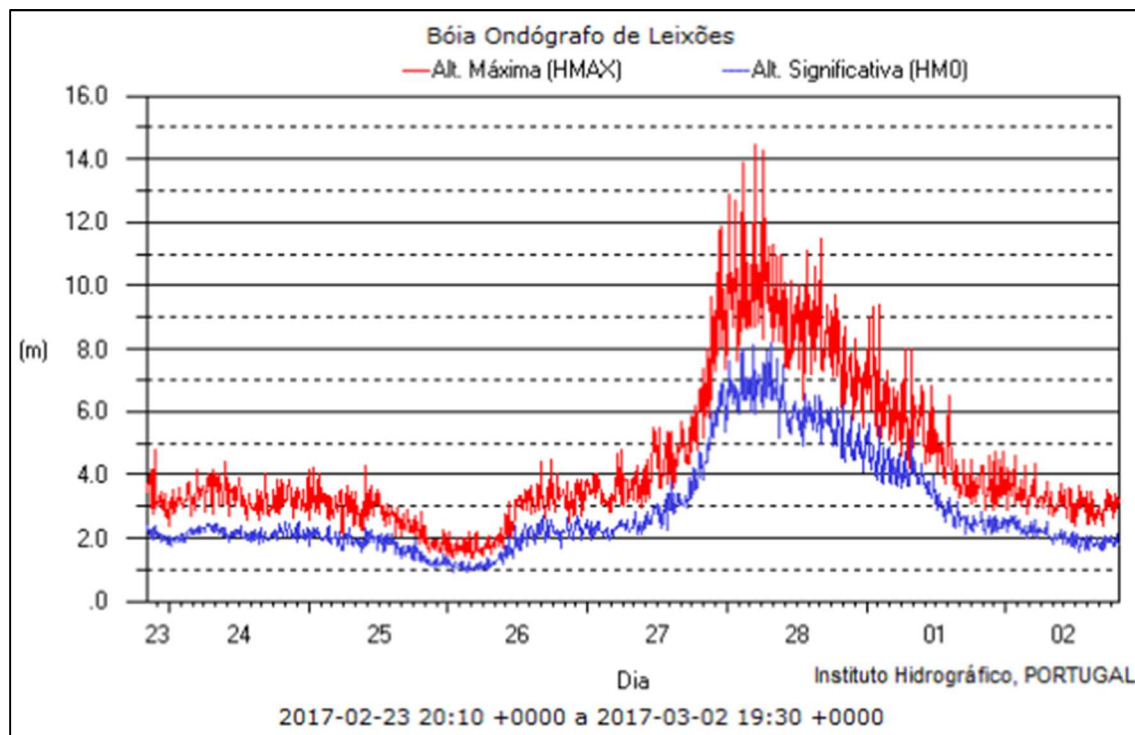


Fig. 93 – Alturas de onda máxima e significativa: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

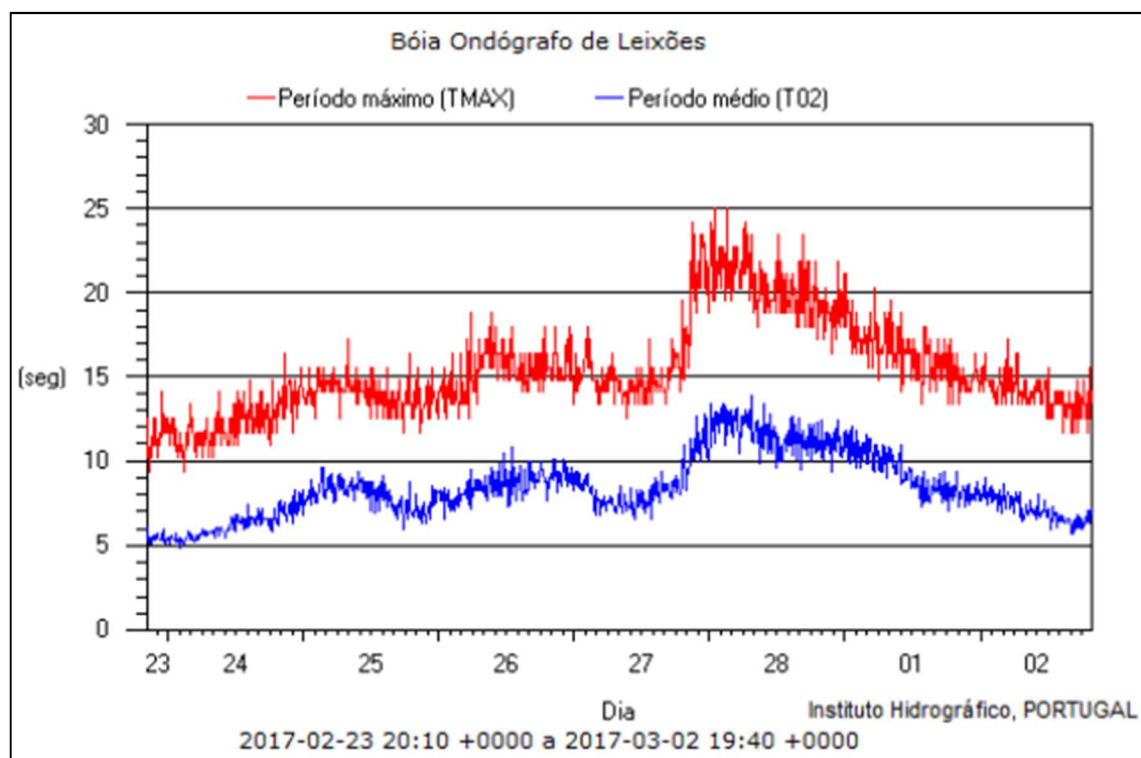


Fig. 94 – Períodos máximo e médio: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

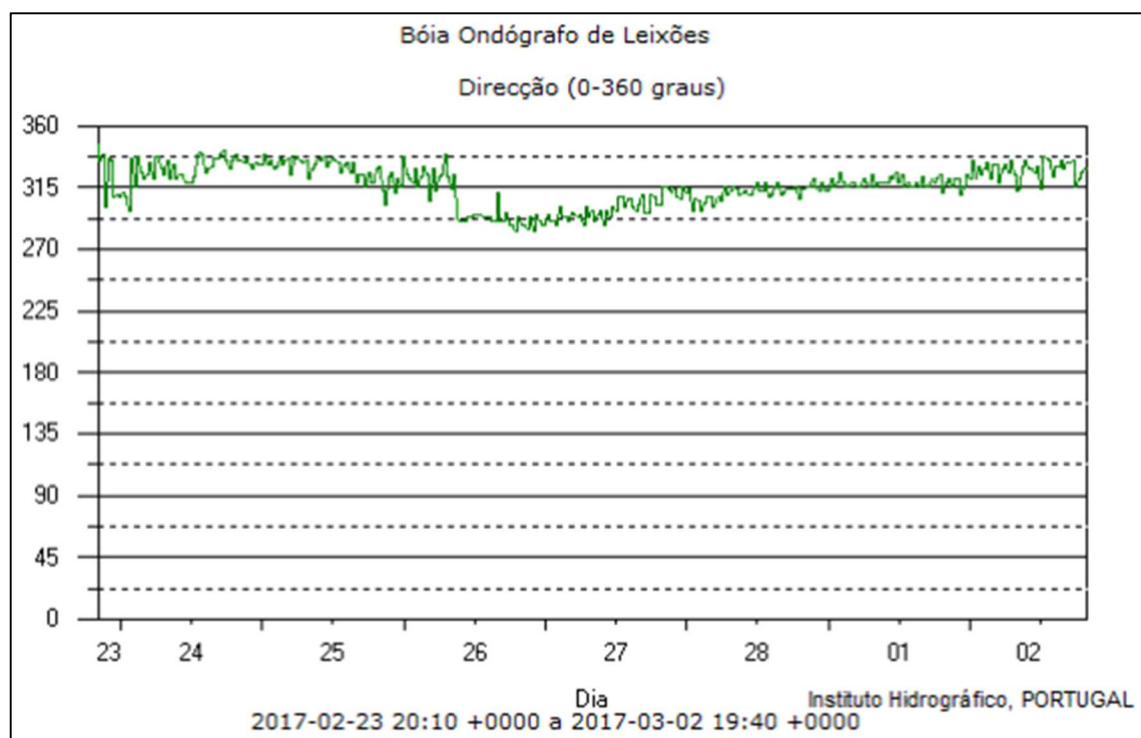



Fig. 95 – Direções da ondulação: tempestade de 28 de fevereiro de 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Quadro 10 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 26/02/2017 a 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Hora Legal de Inverno (UCT)		Altura (m)	
Dom, 2017-02-26 02:38	 14:58	3.48	Preia-mar
Dom, 2017-02-26 08:50		0.52	Baixa-mar
Dom, 2017-02-26 15:00		3.38	Preia-mar
Dom, 2017-02-26 21:03		0.54	Baixa-mar
Seg, 2017-02-27 03:15		3.62	Preia-mar
Seg, 2017-02-27 09:26		0.39	Baixa-mar
Seg, 2017-02-27 15:36		3.49	Preia-mar
Seg, 2017-02-27 21:40		0.44	Baixa-mar
Ter, 2017-02-28 03:53		3.70	Preia-mar
Ter, 2017-02-28 10:03		0.34	Baixa-mar
Ter, 2017-02-28 16:14		3.53	Preia-mar
Ter, 2017-02-28 22:18		0.41	Baixa-mar

No Pedrógão, o período mais gravoso registou-se durante a madrugada do dia 28, resultado do período de maior agitação marítima combinado com a preia-mar. Durante este período, o mar galgou a estrutura aderente da Praia Sul e o morro de areia que cobre a estrutura de *geobags* da Praia Norte, danificando-o novamente (Figura 96). A estrutura aderente, que já se encontrava em risco na zona da foz do ribeiro, em frente ao Mercado, acabou por desabar (Figura 97). As paliçadas, colocadas ao longo de toda a praia para preservar o cordão dunar, foram atingidas pela primeira vez durante este inverno, tendo ficado parcialmente destruídas (Figuras 98 e 99).

Às 08:00, a CM Leiria foi contactada pelos proprietários de um bar localizado na zona central da praia, para alertar do facto do mar ter atingido a estrutura, não tendo provocado danos (Figura 100). Com este alerta, a CM Leiria enviou elementos para o Pedrógão que acompanharam o desenvolvimento da tempestade até ao final do dia.

Durante a preia-mar que ocorreu às 16:14 do dia 28, uma vez que a agitação marítima já estava a diminuir e o nível de água máximo registado foi inferior ao máximo registado durante a madrugada, 3.53 m ao Z.H. para o Porto de Leixões, cerca de menos 20 cm que o da preia-mar anterior, as consequências não foram tão gravosas. Ainda assim, o mar voltou a galgar a estrutura aderente da Praia Sul e a atingir o cordão dunar ao longo de toda a praia. A quantidade de areia removida da praia após esta tempestade é bastante perceptível em toda a extensão da toda a praia, principalmente ao longo do cordão dunar presente na praia (Figuras 101, 102 e 103).



Fig. 96 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de *geobags* galgado e destruído (28/02/2017)



Fig. 97 – Praia Norte: estrutura aderente após desabamento na zona da foz do ribeiro (28/02/2017)



Fig. 98 – Praia Norte: paliçadas parcialmente destruídas (28/02/2017)



Fig. 99 – Praia Central: paliçadas parcialmente destruídas (28/02/2017)



Fig. 100 – Praia Central: bar atingido pelo mar (28/02/2017)



Fig. 101 – Praia Norte: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)



Fig. 102 – Praia Central: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)



Fig. 103 – Praia Central: agravamento da erosão no cordão dunar (28/02/2017)

No Anexo VII estão os valores registados pela boia ondógrafo de Leixões, para o período correspondente a esta tempestade. Neste quadro é possível observar os registos, de 10 em 10 minutos, das alturas de onda significativas (H_s) e máximas (H_{max}), em metros (m), dos períodos médios (T_z) e máximos (T_{max}), em segundos (s), da direção da ondulação e da temperatura da água, em graus Celsius ($^{\circ}C$).

4.3.4. BALANÇO

O mês de fevereiro de 2017 ficou marcado pelas duas grandes tempestades que ocorreram no início e no final do mês. Em ambos os casos, as alturas de onda máxima registadas ultrapassaram os 14 metros e os períodos máximos registados foram próximos de 25 segundos.

Os gráficos das Figuras 104, 105 e 106 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), durante o mês de fevereiro de 2017.

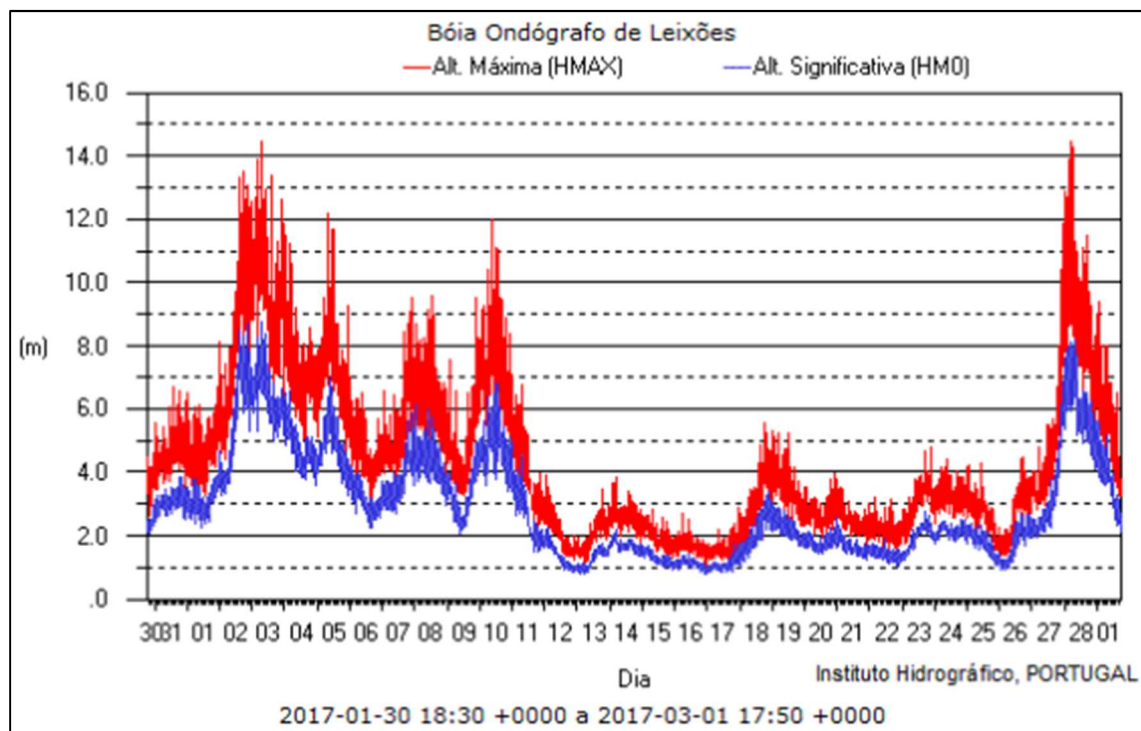


Fig. 104 – Alturas de onda máxima e significativa: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

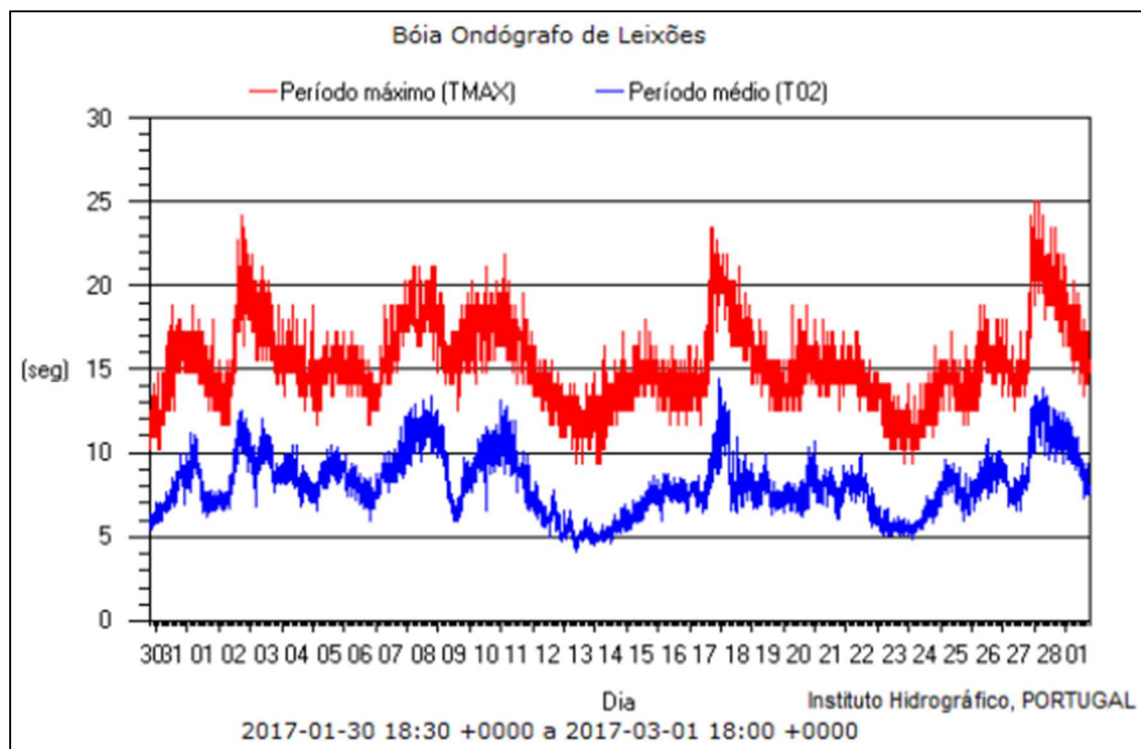


Fig. 105 – Períodos máximo e médio: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

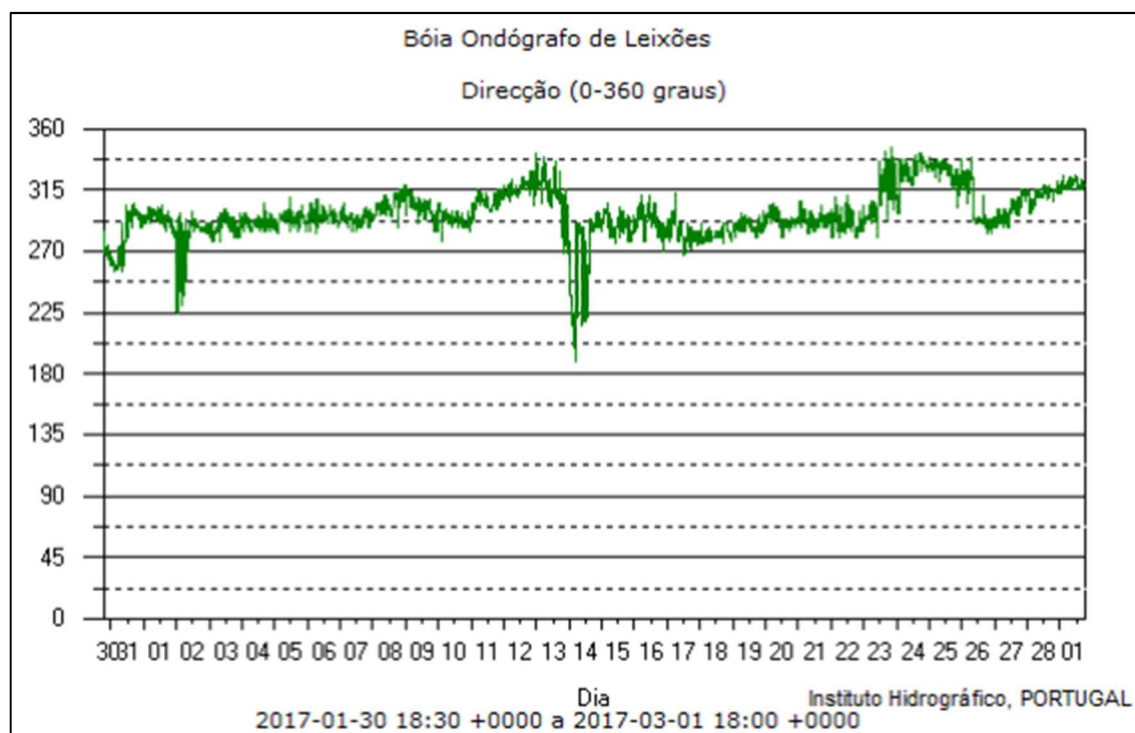


Fig. 106 – Direções da ondulação: fevereiro 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Estas tempestades tiveram como principais consequências os danos causados na estrutura de geossintéticos da Praia Norte e da estrutura aderente na zona do Casal Ventoso, destruição parcial das paliçadas de proteção do cordão dunar e agravamento da erosão verificada ao longo de toda a praia.

No seguimento desta tempestade, foi marcada uma reunião entre a CM Leiria e a APA, com o objetivo de discutir soluções para a recuperação dos danos causados pelas tempestades na Praia do Pedrógão. Esta reunião teve lugar no dia 3 de março de 2017, tendo ficado decidido projetar a recuperação do troço da estrutura aderente que desabou, no Casal Ventoso, na zona da foz do ribeiro. Não foram estabelecidos custos, nem prazos de execução do projeto ou da obra. No entanto, a intervenção é para avançar assim que o projeto seja aprovado, sendo que todo o processo será da responsabilidade da APA.

4.4. MARÇO 2017

Após um mês de fevereiro severo em termos de agitação marítima, o mês de março apresentou um registo mais favorável. Ainda assim, a agitação marítima registada durante o final do inverno 2016/2017 revelou-se mais intensa do que no início deste mesmo período.

A maior agitação marítima registada ocorreu durante a noite de 22 para 23 de março, para a qual foi registada, através da boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), uma altura de onda máxima de 11.76 m, sendo a altura de onda significativa de 6.13 m, ambas registadas às 02:30 do dia 23, com um período máximo próximo dos 20 segundos e período médio a rondar os 10 s. O período máximo registado foi de 21.9 s, às 21:20 e às 22:40 do dia 22, com um período médio próximo de 11 s e uma altura de onda máxima próxima de 11 m e altura de onda significativa superior a 6.5 m.

O facto de esta tempestade ter coincidido com uma altura de marés-mortas (Instituto Hidrográfico, 2017b), dado que a lua se encontrava na fase de quarto minguante, em que a preia-mar máxima registada durante este período foi de 2.65 m às 22:56 do dia 26 (Quadro 11), contribuiu para atenuar as consequências, não tendo havido nenhuma ocorrência a registar. Esta tempestade teve origem no Atlântico Norte, fazendo com que a ondulação tenha atingido a costa ocidental portuguesa com orientação de noroeste (NW), conforme demonstrado no Anexo VI (Instituto Hidrográfico, 2017c e 2017d).

Quadro 11 – Tabela de marés do Porto de Leixões: 20/03/2017 a 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Hora Legal de Inverno (UCT)		Altura (m)	
Seg, 2017-03-20 01:16	 15:58	1.38	Baixa-mar
Seg, 2017-03-20 07:33		2.53	Preia-mar
Seg, 2017-03-20 13:42		1.46	Baixa-mar
Seg, 2017-03-20 20:10		2.58	Preia-mar
Ter, 2017-03-21 02:33		1.49	Baixa-mar
Ter, 2017-03-21 08:53		2.43	Preia-mar
Ter, 2017-03-21 15:10		1.55	Baixa-mar
Ter, 2017-03-21 21:36		2.55	Preia-mar
Qua, 2017-03-22 04:09		1.48	Baixa-mar
Qua, 2017-03-22 10:28		2.46	Preia-mar
Qua, 2017-03-22 16:41		1.48	Baixa-mar
Qua, 2017-03-22 22:56		2.65	Preia-mar
Qui, 2017-03-23 05:23		1.33	Baixa-mar
Qui, 2017-03-23 11:37		2.62	Preia-mar
Qui, 2017-03-23 17:44		1.32	Baixa-mar

No Anexo VII estão os valores registados pela boia ondógrafo de Leixões, para o período correspondente a esta tempestade. Neste quadro é possível observar os registos, de 10 em 10 minutos, das alturas de onda significativas (H_s) e máximas (H_{max}), em metros (m), dos períodos médios (T_z) e máximos (T_{max}), em segundos (s), da direção da ondulação e da temperatura da água, em graus Celsius (°C).

Para além desta tempestade, houve, ainda, outras três ocasiões em que as alturas de onda máxima registadas pela boia ondógrafo de Leixões ultrapassaram os 7 m (Instituto Hidrográfico, 2017a). Os gráficos das Figuras 107, 108 e 109 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões, durante o mês de março de 2017.

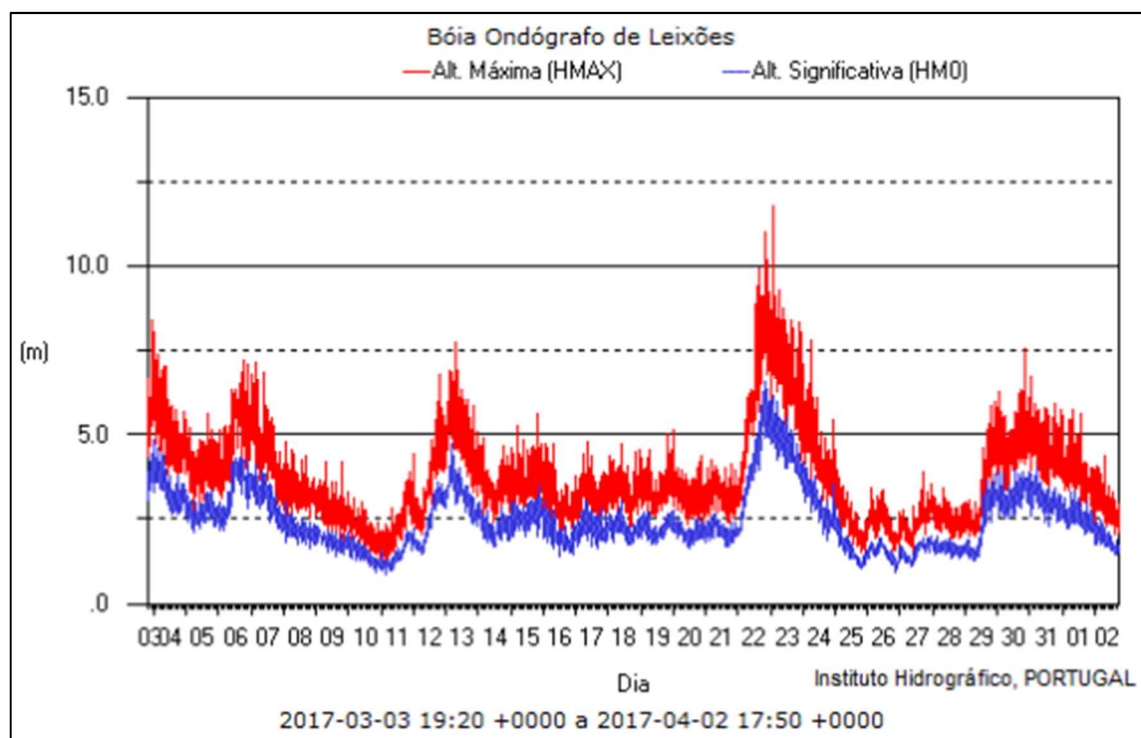


Fig. 107 – Alturas de onda máxima e significativa: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

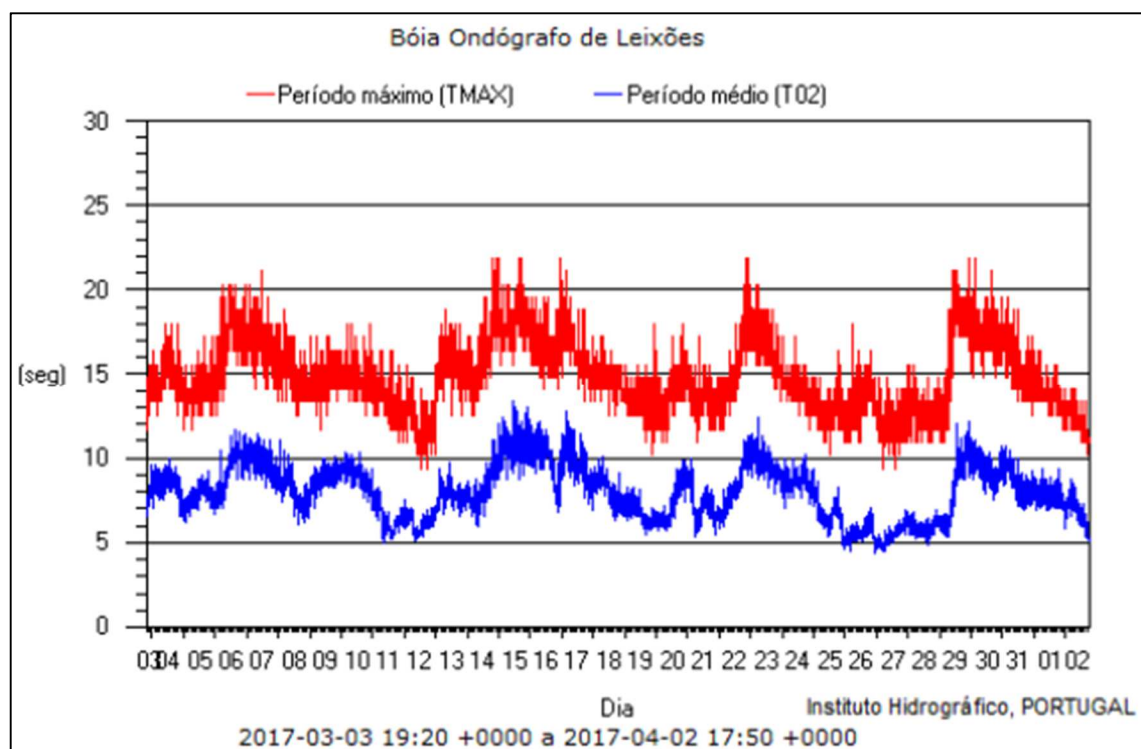


Fig. 108 – Períodos máximo e médio: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

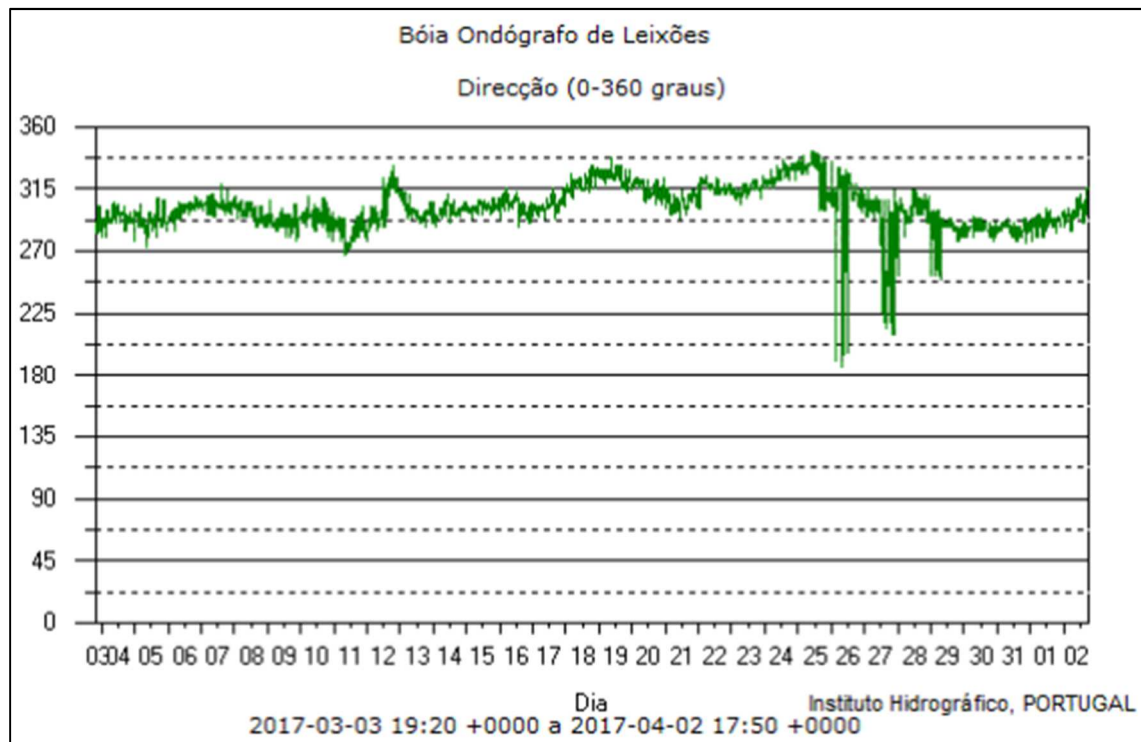


Fig. 109 – Direções da ondulação: março 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Devido à ondulação de menor intensidade registada no final do mês de março, é possível notar mais areia ao longo da praia, reposta naturalmente. Esta variação de volumes de areia é mais notória na parte norte do promontório da Praia do Pedrógão, tal como espectável, uma vez que este afloramento rochoso funciona como um esporão. A Figura 110, captada dia 11 de março, mostra a altura mais gravosa registada, em termos de falta de areia. Comparativamente, a Figura 111, captada dia 27 de março, mostra o início da reposição natural de areia na praia.



Fig. 110 – Praia Central: falta de areia a norte do promontório (11/03/2017)



Fig. 111 – Praia Central: reposição natural de areia a norte do promontório (27/03/2017)

4.5. INVERNO 2016/2017

Resumindo, durante o início do inverno 2016/2017, entre dezembro de 2016 e janeiro de 2017, registou-se uma agitação marítima reduzida, apenas com alguns picos mais gravosos, mas sem que o registo das alturas de onda máximas da bóia ondógrafo de Leixões atingisse os 10 m.

Seguiu-se um mês de fevereiro bastante severo, marcado por duas grandes tempestades, em que as alturas de onda máximas registadas pela bóia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a) ultrapassou os 14 m. A Tempestade Doris, que atingiu a costa ocidental portuguesa logo no início do mês de fevereiro, foi a mais intensa em termos de duração, mas o facto desta tempestade ter coincidido com uma situação de marés mortas contribuiu para minimizar as suas consequências. No final do mês de fevereiro, a costa ocidental portuguesa foi atingida por uma nova tempestade, que apesar de menor duração, os registos máximos da bóia ondógrafo de Leixões foram semelhantes aos da Tempestade Dóris, com a agravante de ter coincidido com uma situação de marés vivas.

Finalmente, o mês de março registou uma agitação marítima reduzida/moderada, com exceção de uma nova tempestade que atingiu a costa ocidental portuguesa no final deste mês, com a bóia ondógrafo de Leixões a registar uma altura de onda máxima próxima dos 12 m. Apesar desta tempestade não ser equiparável às registadas em fevereiro, com menor intensidade da agitação marítima e consequências, foi a terceira maior tempestade registada durante este inverno.

Os gráficos das Figuras 112, 113 e 114 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões, durante o inverno 2016/2017.

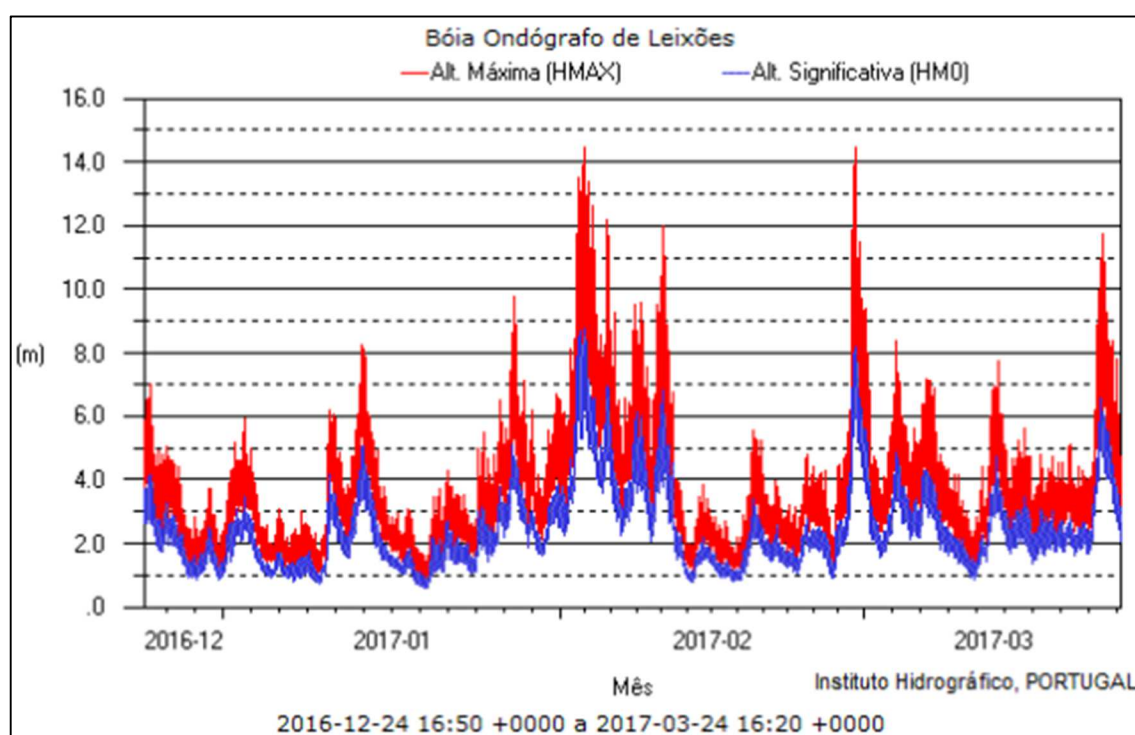


Fig. 112 – Alturas de onda máxima e significativa: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

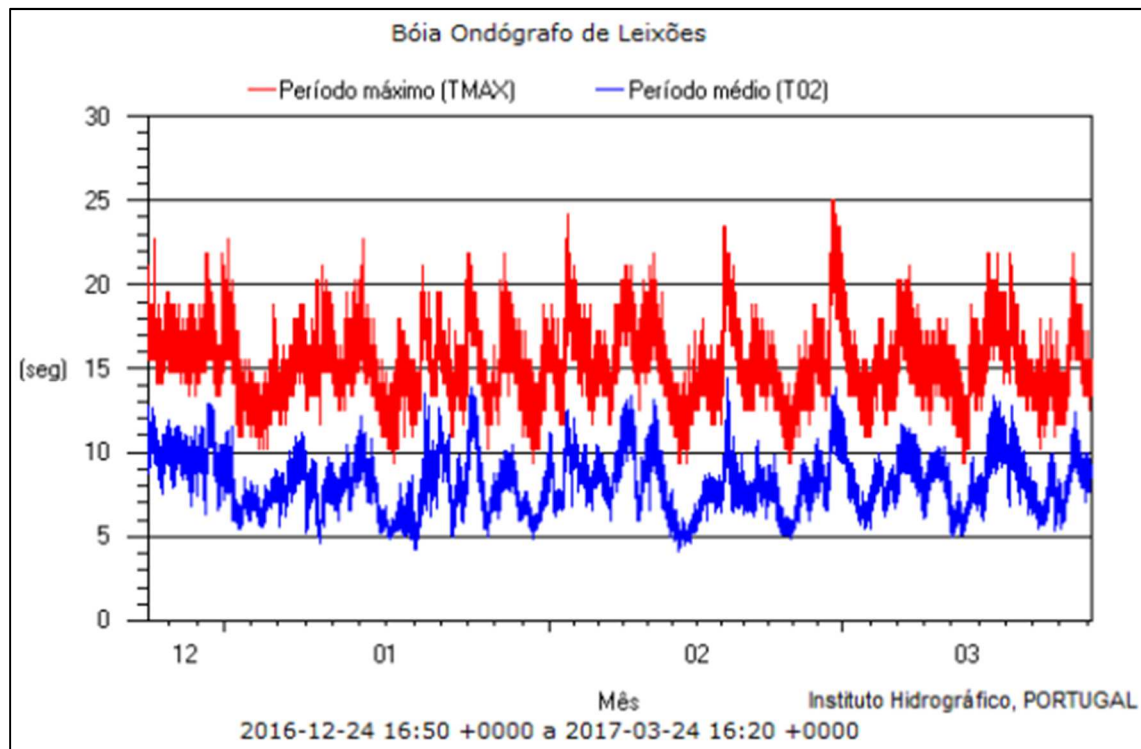


Fig. 113 – Períodos máximo e médio: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

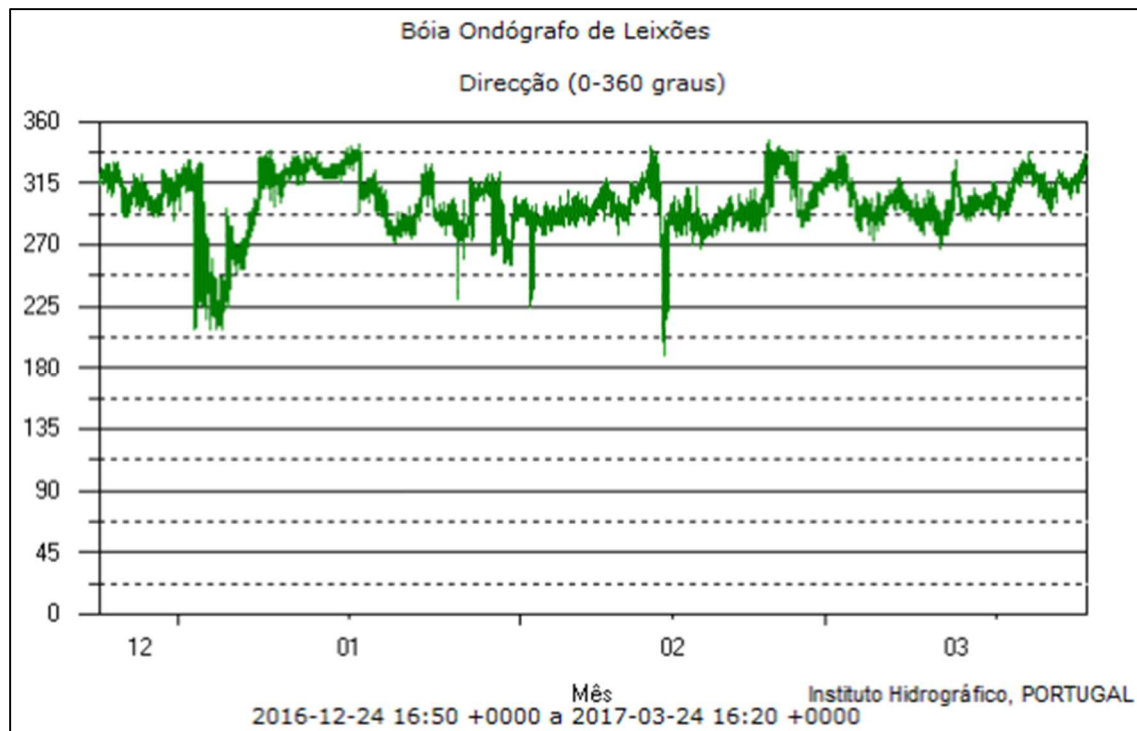


Fig. 114 – Direções da ondulação: inverno 2016/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

As principais consequências, em termos de danos registados, das tempestades do inverno 2016/2017 consistem na destruição da estrutura de *geobags* da Praia Norte, no desabamento de parte da estrutura aderente na zona da foz do ribeiro, na destruição de paliçadas para retenção de dunas ao longo de toda a praia. Outro problema, não menos importante, é a erosão verificada ao longo de toda a praia. A diminuição do areal começou a verificar-se logo no início do inverno, ainda antes das tempestades. Esta situação agravou-se à medida que a agitação marítima se foi intensificando, sendo que a altura mais gravosa ocorreu no início do mês de março. No final do inverno, após as tempestades e com agitação marítima mais reduzida, começou a verificar-se uma reposição natural de areia na praia.

4.6. ABRIL 2017

Com o início da primavera 2016/2017 a agitação marítima reduziu significativamente, permitindo a prática da arte xávega (Figura 115).



Fig. 115 – Arte xávega: preparação do barco e das redes (14/04/2017)

No início do mês de abril, desde o dia 1 até ao dia 6, as alturas de onda máximas registadas pela boia ondógrafo de Leixões mostram valores entre os 4 e os 6 m, com períodos máximos registados superiores a 20 s. No dia 26, a boia ondógrafo de Leixões voltou a registar valores de alturas de onda máximas próximas dos 6 m, com períodos máximos registados próximos de 15 s. No dia 30, a boia ondógrafo de Leixões registou o valor máximo deste mês, com a altura de onda máxima a ultrapassar os 8 m e o período máximo próximo de 20 s. Durante a grande maioria deste mês registou-se uma agitação marítima mínima, com a boia ondógrafo de Leixões a registar valores para as alturas de onda máximas inferiores a 2 m.

Os gráficos das Figuras 116, 117 e 118 mostram, respetivamente, as alturas de onda, períodos e direções, registados pela boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), durante o mês de abril de 2017.

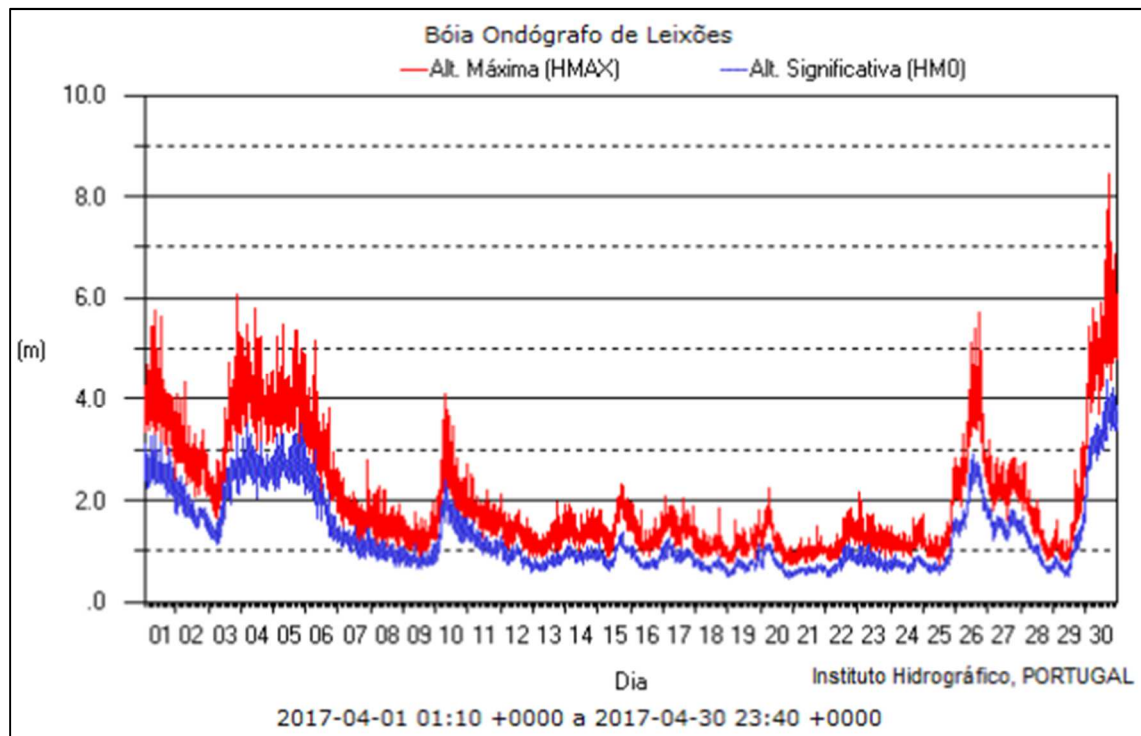


Fig. 116 – Alturas de onda máxima e significativa: abril 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

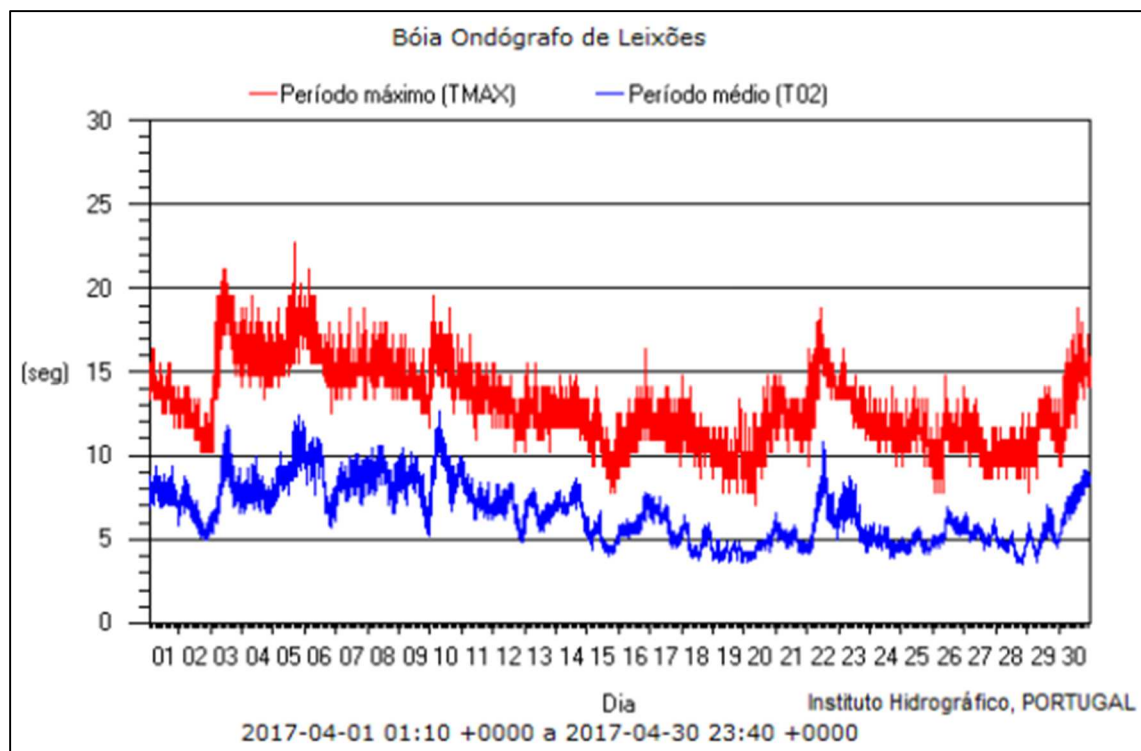


Fig. 117 – Períodos máximo e médio: abril 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

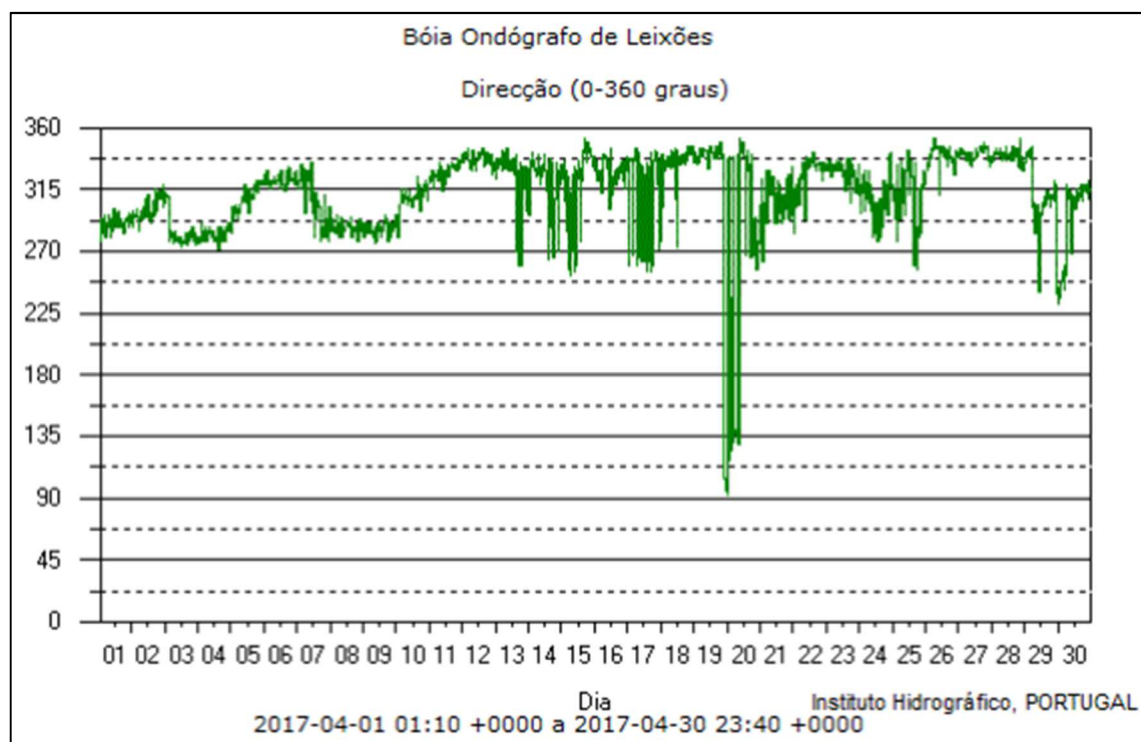


Fig. 118 – Direções da ondulação: abril (fonte: Instituto Hidrográfico)

Durante este mês foram executadas diversas intervenções de movimentações/redistribuição de areias com recurso a maquinaria, ao longo de toda a praia. Na praia norte, na zona da foz do ribeiro, e ao longo da praia central, a areia acumulada junto ao muro de proteção da rua marginal foi utilizada para reforçar os taludes (Figuras 119 e 120). Na praia norte, na zona da rotunda norte da rua marginal, o talude de areia sobre a estrutura de areia foi novamente reconstruído (Figura 121), após danos causados pela tempestade de 28 de fevereiro de 2017. A areia, transportada eolicamente, que cobria a parte norte da rua marginal, foi utilizada para reforçar o muro de proteção da rotunda norte (Figura 122). A rampa de acesso a ser intervencionada, de acordo com o previsto pelo POC-OMG, foi alvo de uma intervenção provisória, de modo a permitir a passagem das embarcações e equipamentos necessários à prática da arte xávega, conforme mostram as Figuras 123 e 124, antes e após a intervenção, respetivamente.



Fig. 119 – Praia Norte: reforço do talude junto à foz do ribeiro (02/04/2017)



Fig. 120 – Praia Central: reforço do talude (02/04/2017)



Fig. 121 – Praia Norte: talude de areia sobre estrutura de *geobags* reconstruído (14/04/2017)



Fig. 122 – Praia Norte: reforço do talude junto à rotunda norte da rua marginal (22/04/2017)



Fig. 123 – Rampa de acesso à arte xávega antes da intervenção (02/04/2017)



Fig. 124 – Rampa de acesso à arte xávega após intervenção (14/04/2017)

A reposição natural de areia que se começou a verificar no final do mês de março foi interrompida, sendo que a areia que se começava a acumular a norte do promontório foi novamente removida (Figura 125), devido ao aumento da agitação marítima que se registou no início de abril em comparação com a registada no final de março. No entanto, com o novo período de reduzida agitação marítima registado durante o mês de abril, este processo de reposição natural de areias foi, novamente, retomado (Figura 126).

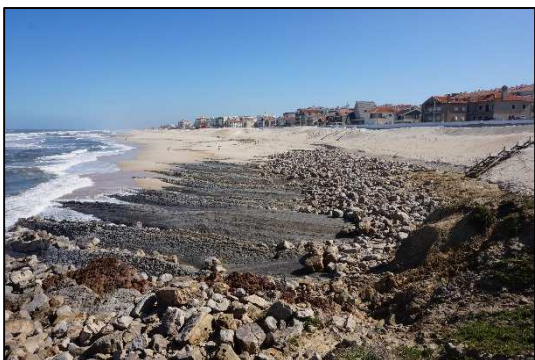


Fig. 125 – Praia Central: falta de areia a norte do promontório (02/04/2017)



Fig. 126 – Praia Central: reposição natural de areia a norte do promontório (22/04/2017)

4.7. MAIO – JUNHO 2017

Com o objetivo de preparar a época balnear, com início a 15 de junho, a CM Leiria, com o apoio de várias instituições locais, promoveu uma campanha de limpeza da praia no âmbito das Comemorações do Dia Europeu do Mar (20 de maio). Esta campanha, inserida no Programa da Bandeira Azul da Praia do Pedrógão, tem como principais objetivos a sensibilização dos participantes para os problemas da poluição da costa e as suas consequências para o ecossistema, para a necessidade de preservação das praias e para as consequências dos comportamentos de todos nos sistemas marinhos no que respeita à produção e gestão de resíduos.

Durante o mês de maio verificou-se uma ligeira diminuição do volume de areia imediatamente a norte do promontório, conforme demonstram as Figuras 127 e 128.



Fig. 127 – Praia Central (08/05/2017)



Fig. 128 – Praia Central (25/05/2017)

Durante o início do mês de julho, de forma a dar continuidade aos trabalhos de preparação da praia para a época balnear, recorreu-se a trabalhos de maquinaria para compor o talude de areia na Praia Central (Figura 129), de modo a ser possível a colocação de campos de futebol/andebol de praia na parte superior, habituais durante a época balnear (Figura 130). Na zona imediatamente a norte do promontório, apesar de ser mais evidente alguma reposição natural de areia, foi realizada uma pequena ripagem de areia, de modo a cobrir o fundo rochoso e melhorar as condições da praia para a época balnear. As Figuras 131 e 132 mostram as diferenças do volume de areia existente na zona imediatamente a norte do promontório, durante o mês de junho.



Fig. 129 – Praia Central: trabalhos de preparação do areal (05/06/2017)



Fig. 130 – Praia Central: tulude de areia após intervenção (17/06/2017)



Fig. 131 – Praia Central (05/06/2017)



Fig. 132 – Praia Central (18/06/2017)

No Anexo VIII está um conjunto de imagens, capturadas a partir de pontos estratégicos, que mostram a evolução da Praia do Pedrógão entre dezembro de 2016 e junho de 2017. Com base nestas imagens, verifica-se um emagrecimento geral do areal ao longo de toda a praia, durante o inverno, sendo que se nota uma reposição natural do areal na sua maioria, durante a primavera. A zona imediatamente a norte do promontório é o caso mais crítico, onde se verificou um grande nível de erosão durante o inverno e uma sucessão de aumento, pouco significativo, e diminuição do volume de areia, durante a primavera. Na parte norte da Rua Marginal da Praia Norte também se registaram sucessivas invasões de areais transportadas eolicamente, que cobriram a via praticamente na totalidade.

4.8. ALTURAS DE ONDA SIGNIFICATIVAS ASSOCIADAS A DIFERENTES PERÍODOS DE RETORNO

Analisando os registos das alturas de onda da boia ondógrafo de Leixões (Instituto Hidrográfico, 2017a), desde 1999 até 2017 (Figura 133), será possível avaliar as alturas de onda associáveis a tempestades com diversos períodos de retorno.

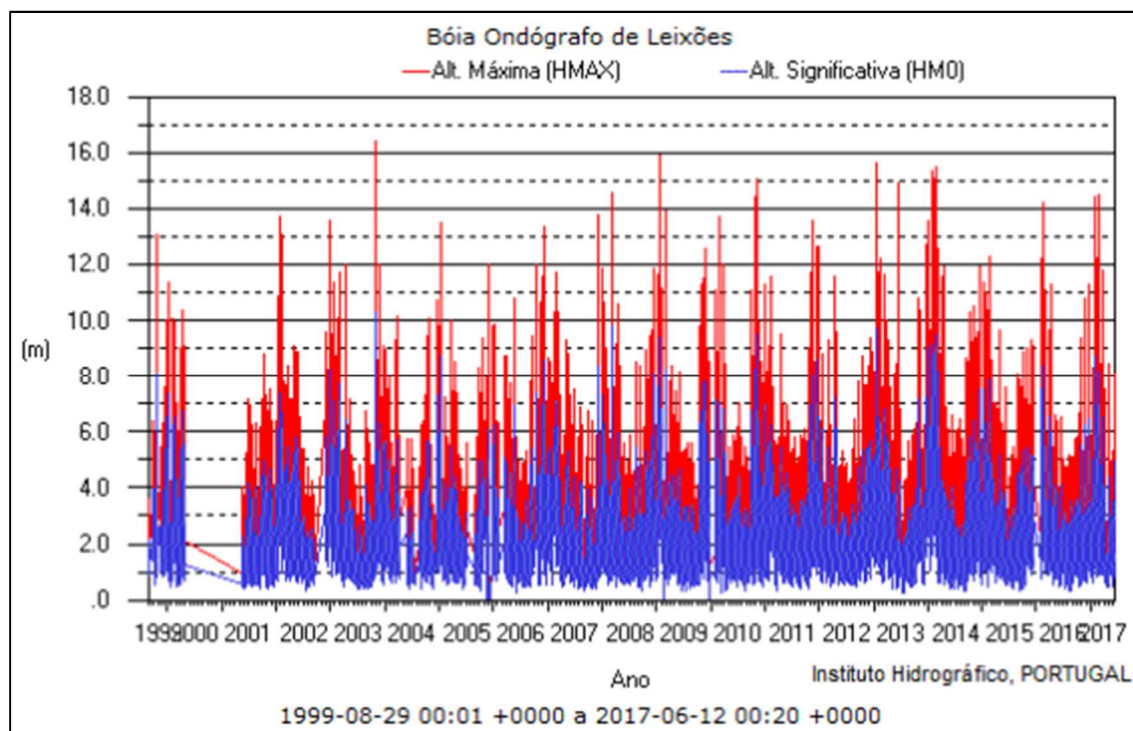


Fig. 133 – Alturas de onda máxima e significativa: 1999 a 2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

A partir de registos da boia ondógrafo de Leixões, dos valores máximos anuais das alturas de onda significativas, calculadas pelo método espectral (H_{m0}), entre 1996 e 2016 (Quadro 12), contabilizando um total de 21 registos, foram calculadas as alturas de onda significativas espectáveis para períodos de retorno de 10 a 100 anos. Para tal, recorreu-se às distribuições de Weibull (com $k = 0.75, 1.0$ (distribuição normal), 1.4 e 2.0) e de Fisher-Tippet I.

Quadro 12 – Máximos anuais das alturas de onda significativas (H_{m0}) registadas pela boia ondógrafo de Leixões (fonte: Instituto Hidrográfico)

Ano	H_{m0} (m)
1996	7.11
1997	7.66
1998	8.80
1999	7.81
2000	6.67
2001	4.53
2002	7.72
2003	9.70
2004	6.61
2005	8.12
2006	8.52
2007	7.61
2008	8.53
2009	8.96
2010	9.01
2011	7.96
2012	6.73
2013	9.26
2014	9.45
2015	7.33
2016	8.39

Das distribuições testadas, as que apresentaram melhor correlação linear foram as de Weibull com $k = 2.0$ ($r^2 = 0.8607$) e de Fisher-Tippet I ($r^2 = 0.8277$). As alturas de onda significativas, correspondentes aos diferentes períodos de retorno, foram calculadas segundo Goda (1988). Nos Quadros 13 e 14 apresentam-se os valores das alturas de onda significativas obtidas para as distribuições de Weibull com $k = 2.0$ e de Fisher-Tippet I, respetivamente, para os diferentes períodos de retorno considerados, apresentando os valores mínimos e máximos expectáveis para diferentes níveis de confiança. Os valores obtidos pela distribuição de Weibull ($k = 2.0$) são ligeiramente inferiores aos obtidos pela distribuição de Fisher-Tippet I, sendo que estes resultados são semelhantes aos obtidos por Veloso Gomes (2010) e por Veloso Gomes e Silva (2014).

Quadro 13 – Série 1996-2016: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: $k=2.0$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.50	8.85	10.14	8.67	10.33	8.51	10.48	8.20	10.79
20	10.03	9.28	10.77	9.06	10.99	8.88	11.17	8.52	11.53
30	10.31	9.51	11.11	9.27	11.34	9.08	11.54	8.69	11.93
40	10.50	9.66	11.34	9.41	11.58	9.21	11.79	8.80	12.19
50	10.64	9.77	11.51	9.52	11.76	9.31	11.97	8.89	12.39
60	10.75	9.86	11.65	9.60	11.90	9.39	12.12	8.95	12.55
(100)	11.06	10.10	12.01	9.83	12.29	9.59	12.52	9.13	12.98

Quadro 14 – Série 1996-2016: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Hsr (m)	Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.44	8.72	10.16	8.51	10.37	8.34	10.54	7.99	10.89
20	10.08	9.17	10.99	8.91	11.25	8.69	11.47	8.25	11.91
30	10.45	9.43	11.47	9.14	11.76	8.89	12.01	8.40	12.50
40	10.71	9.61	11.81	9.30	12.13	9.03	12.39	8.50	12.92
50	10.91	9.75	12.07	9.42	12.41	9.14	12.69	8.58	13.25
60	11.08	9.87	12.29	9.52	12.64	9.23	12.93	8.64	13.51
(100)	11.54	10.18	12.89	9.79	13.28	9.47	13.60	8.81	14.26

De notar que, na aplicação deste método, o valor do período de retorno (em anos) não deverá ser superior a três vezes a duração (em anos) dos registos existentes, por uma questão de confiança nos resultados. Assim, para os valores correspondentes a 21 anos de registos (entre 1996 e 2016), não se deveria ir além de um período de retorno de 60 anos. No entanto, uma vez que em obras de defesa costeira é usual adotar períodos de retorno de 100 anos, apresentam-se os resultados correspondentes obtidos.

Uma vez que o registo da altura de onda significativa máxima registada pela boia ondógrafo de Leixões, para o ano de 2001, é significativamente mais baixo que os restantes valores da série apresentada

($H_{m0} = 4.53$ m), podendo este valor corresponder a uma anomalia, foi considerada uma nova série de registos corrigida. Assim, esta série corrigida corresponde aos registos dos valores máximos anuais de alturas de onda significativas, entre 1996 e 2016, excluindo o valor de 2001, contabilizando um total de 20 registos.

A metodologia de cálculo foi igual à anterior, tendo-se verificado uma melhoria nas correlações lineares das diferentes distribuições testadas, sendo que as melhores foram, novamente, para a distribuição de Weibull com $k = 2.0$ ($r^2 = 0.9665$) e de Fisher-Tippet I ($r^2 = 0.9334$). Nos Quadros 15 e 16 apresentam-se os valores das alturas de onda significativas obtidas para as distribuições de Weibull com $k = 2.0$ e de Fisher-Tippet I, respetivamente, para os diferentes períodos de retorno considerados, considerando os valores mínimos e máximos expectáveis para diferentes níveis de confiança. Comparando os resultados finais das alturas de onda significativas obtidos anteriormente, verifica-se que os valores mínimos expectáveis são ligeiramente superiores, enquanto os valores máximos são ligeiramente inferiores.

Quadro 15 – Série 1996-2016 (corrigida): alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: k=2.0)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=2.0							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.40	8.88	9.91	8.73	10.06	8.60	10.19	8.35	10.44
20	9.83	9.24	10.43	9.06	10.61	8.92	10.75	8.63	11.04
30	10.07	9.42	10.71	9.24	10.90	9.08	11.06	8.77	11.37
40	10.23	9.55	10.90	9.35	11.10	9.19	11.26	8.86	11.59
50	10.34	9.64	11.04	9.44	11.24	9.27	11.41	8.93	11.75
60	10.44	9.72	11.15	9.51	11.36	9.34	11.54	8.99	11.88
100	10.69	9.92	11.46	9.70	11.68	9.51	11.86	9.14	12.24

Quadro 16 – Série 1996-2016 (corrigida): alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Hsr (m)	Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.35	8.77	9.93	8.61	10.10	8.47	10.24	8.19	10.52
20	9.89	9.16	10.61	8.95	10.82	8.77	11.00	8.42	11.35
30	10.19	9.37	11.01	9.14	11.25	8.94	11.44	8.54	11.84
40	10.41	9.53	11.29	9.27	11.54	9.06	11.76	8.63	12.18
50	10.58	9.65	11.51	9.38	11.77	9.15	12.00	8.70	12.45
60	10.71	9.74	11.68	9.46	11.96	9.23	12.20	8.76	12.67
100	11.09	10.01	12.18	9.69	12.49	9.43	12.75	8.91	13.28

Foi, ainda, considerada uma terceira série, em que se adicionou à série original o valor da altura de onda significativa máxima registrada para o ano 2017, calculada pelo método direto do zero ascendente ($H_s = 8.74$ m), contabilizando um total de 22 registros.

Recorrendo, novamente, à mesma metodologia, as distribuições de Weibull com $k=2.0$ ($r^2 = 0.8505$) e de Fisher-Tippet I ($r^2 = 0.8158$) apresentaram, igualmente, as melhores correlações lineares. Nos Quadros 17 e 18 apresentam-se os valores das alturas de onda significativas obtidas para as distribuições de Weibull com $k = 2.0$ e de Fisher-Tippet I, respectivamente, para os diferentes períodos de retorno considerados, considerando os valores mínimos e máximos expectáveis para diferentes níveis de confiança. Os resultados finais obtidos são muito semelhantes aos obtidos para a série original.

Quadro 17 – Série 1996-2017: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Weibull: k=2.0)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=2.0							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.50	8.88	10.12	8.70	10.30	8.55	10.45	8.25	10.75
20	10.02	9.30	10.74	9.10	10.94	8.92	11.12	8.58	11.46
30	10.30	9.53	11.07	9.30	11.29	9.12	11.48	8.74	11.85
40	10.48	9.67	11.29	9.44	11.52	9.25	11.72	8.86	12.11
50	10.62	9.79	11.46	9.55	11.70	9.34	11.90	8.94	12.30
60	10.73	9.88	11.59	9.63	11.84	9.42	12.04	9.01	12.46
100	11.03	10.11	11.95	9.85	12.21	9.63	12.43	9.18	12.88

Quadro 18 – Série 1996-2017: alturas de onda significativas em função do tempo de retorno e níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Hsr (m)	Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.44	8.75	10.13	8.55	10.33	8.38	10.50	8.05	10.84
20	10.07	9.20	10.94	8.95	11.19	8.74	11.40	8.31	11.83
30	10.43	9.45	11.41	9.17	11.69	8.93	11.93	8.46	12.40
40	10.69	9.63	11.74	9.33	12.04	9.07	12.30	8.56	12.81
50	10.88	9.77	12.00	9.45	12.32	9.18	12.59	8.64	13.13
60	11.04	9.88	12.20	9.55	12.54	9.27	12.82	8.70	13.38
100	11.49	10.20	12.79	9.82	13.16	9.51	13.48	8.88	14.11

Com base nestes resultados, é possível concluir que tempestades semelhantes às registadas durante o inverno 2016/2017, com registo de alturas de onda significativas a próximas de 9 m ($H_s = 8.74$ m), são expectáveis para um período de retorno inferior a 10 anos. Para um período de retorno de 10 anos, são expectáveis tempestades semelhantes às do inverno 2013/2014, que foi extremamente severo para toda a costa ocidental de Portugal Continental, com registo de alturas de onda significativas próximas dos 9.5 m ($H_s = 9.45$ m).

Este estudo poderá ser, também, utilizado para o dimensionamento de estruturas que atinjam médias e grandes profundidades (ex.: quebramares, exutores submarinos). No caso das estruturas pré-dimensionadas mais à frente neste trabalho, considerou-se uma altura de onda de projeto limitada pela profundidade, dado que para as profundidades de implantação (cotas estimadas não ultrapassam os – 4.0 m ao Z.H., associadas a um nível de PMAV de 4 m), a altura de onda está limitada por critérios de rebentação a cerca de 6 m.

No Anexo IX, encontra-se, de forma explícita a metodologia de cálculo utilizada, bem como todos os valores intermédios e finais para as diferentes distribuições testadas, para cada uma das três séries consideradas.

4.9. TENDÊNCIAS DE VARIAÇÕES SAZONAIS E INTERANUAIS DE VOLUMES DE AREIA

Devido à forte agitação marítima habitual durante os invernos, verifica-se uma diminuição do areal das praias. Este volume de areia removido pela agitação marítima é depositado em bancos de areia submersos, ao longo da costa. Devido às correntes marítimas, que na costa oeste de Portugal Continental é maioritariamente de N-NW, verifica-se, também, um transporte longitudinal de sedimentos. Numa situação de equilíbrio dinâmico, em que o volume de sedimentos removido dos bancos de areia submersos através desta deriva litoral é equivalente ao volume depositado, e com a diminuição da agitação marítima após o período de tempestades, verifica-se uma reposição natural do areal das praias. Assim, numa situação de equilíbrio dinâmico, o volume de areia nas praias apresenta um ciclo aproximadamente constante, numa escala de tempo interanual, com variações sazonais, em que os mínimos correspondem aos invernos e os máximos correspondem aos verões.

Com a introdução de fatores externos a uma situação de equilíbrio dinâmico, como é o caso de fatores antropogénicos como a construção de estruturas ao longo da costa que funcionam como barreiras à deriva litoral, as linhas de tendência das variações sazonais e interanuais de volumes de areia sofrem

alterações. Dependendo da localização da praia em relação ao obstáculo à deriva litoral, esta tendência pode ser progressiva ou regressiva.

No caso da costa oeste de Portugal Continental, devido à orientação maioritária das correntes marítimas, as praias que ficam imediatamente a norte de obstáculos à deriva litoral beneficiam da acumulação de areias, ao longo do tempo, que ficam retidas pelos obstáculos, impedindo a sua deriva litoral para sul. A norte dos obstáculos à deriva litoral, mantendo-se constante a capacidade de transporte longitudinal devido às correntes marítimas, o volume de sedimentos depositado nos bancos de areia submersos torna-se superior ao volume de sedimentos removido, uma vez que este volume de sedimentos que deveria ser removido passou a ficar retido a norte dos obstáculos. Com o aumento de volume dos bancos de areia submersos, o volume de areia repostado naturalmente nas praias, através de agitação marítima favorável, será superior ao volume de areia removido durante o período de tempestades. Assim, verifica-se uma tendência progressiva das variações sazonais interanuais dos volumes de areias. Esta situação, inicialmente benéfica, pode tornar-se insustentável, com um aumento excessivo do areal.

A Figueira da Foz é um bom exemplo, onde a areia retida pelos molhes do Porto da Figueira da Foz, que funciona como um grande obstáculo à deriva litoral, se foi acumulando até uma situação excessiva, verificada no presente. A Figura 134, dos anos 50-60, e a Figura 135, da atualidade, mostram a diferença do areal da praia da Figueira da Foz, tendo a posição do forte como referência. Este forte, que nos anos 50 do séc. XX se encontrava à beira-mar, atualmente encontra-se a cerca de 1 km da linha de água.



Fig. 134 – Praia da Figueira da Foz nos anos 50-60 (fotografia de: Ventura Tomaz)



Fig. 135 – Praia da Figueira da Foz em 2012 (fonte: A Terceira Dimensão)

A sul dos obstáculos à deriva litoral, mantendo-se constante a capacidade de transporte longitudinal devido às correntes marítimas, o volume de sedimentos removido dos bancos de areia submersos torna-se superior ao volume de sedimentos depositado, uma vez que este volume de sedimentos que deveria ser depositado passou a ficar retido a norte dos obstáculos. Com a diminuição dos bancos de areia submersos, o volume de areia repostado naturalmente nas praias, através de agitação marítima favorável, será inferior ao volume de areia removido durante o período de tempestades.

Assim, verifica-se uma tendência regressiva das variações sazonais interanuais dos volumes de areias, devido a este processo erosivo. A Praia do Pedrógão é um dos exemplos de praias que sofrem desta tendência regressiva, consequente do obstáculo à deriva litoral que é o Porto da Figueira da Foz. Pode, ainda, ser considerada uma variação desta tendência regressiva, em que esta é limitada por uma barreira, natural (ex.: arriba rochosa) ou artificial (ex.: estrutura aderente), que envolve a praia. Neste

caso, o volume de areia na praia irá diminuir até a barreira ser atingida, o que significa o desaparecimento da praia, fixando a barreira como o limite marginal.

A Figura 136 mostra uma representação gráfica dos três casos possíveis de evolução da linha de tendência das variações sazonais e interanuais dos volumes de areia em praias. Neste gráfico, o volume de areia, em m^3 , corresponde a uma determinada área em planta, de controlo, acima de uma cota de referência, como por exemplo o Z.H.. A escala temporal é medida em anos, sendo que os máximos de cada linha de tendência correspondem ao verão, enquanto que os mínimos correspondem ao inverno. As quatro linhas de tendência têm origem na mesma situação inicial.

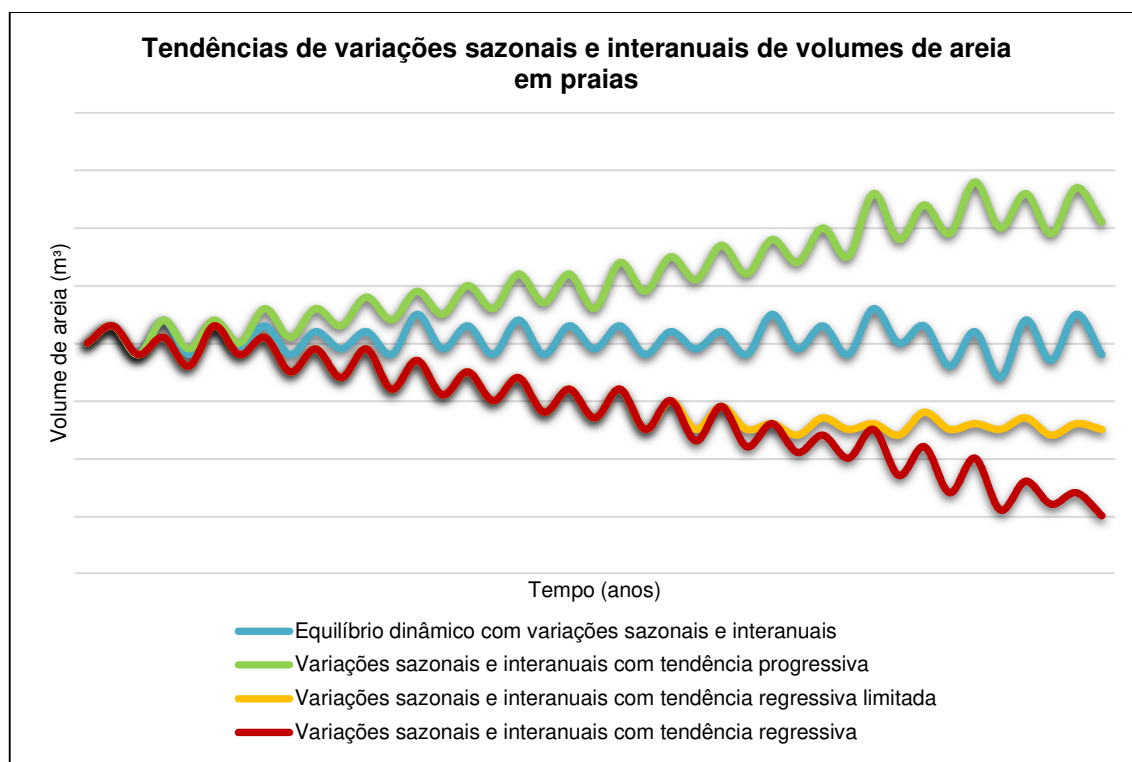


Fig. 136 – Tendências das variações sazonais e interanuais de volumes de areia em praias

Durante os últimos 50 anos, o volume de areia retido a norte do Porto da Figueira da Foz, aliado ao volume de sedimentos que fica retido em barragens ao longo do rio Mondego e do volume de sedimentos dragado no Porto da Figueira da Foz que não é repostado a sul deste (quer por ter sido, durante vários anos, vendido para construção civil, quer por ser depositado em alto mar, onde a agitação marítima não tem capacidade de transporte suficiente para movimentar os sedimentos), consiste no défice de volume de areia nas praias a Sul. Segundo André *et al.* (2016), através de medições do perfil da praia a 400 m a norte do molhe norte do Porto da Figueira, realizadas entre outubro de 2010 e setembro de 2015, verificou-se um aumento no comprimento dos perfis de cerca de 110 m, o que corresponde a um aumento de 22 m/ano.

Segundo análise de Cunha *et al.* (1997), a partir de fotografia aérea vertical, concluiu-se um recuo da linha de costa, entre 1991 e 1997, conforme os valores apresentados no Quadro 19. No caso da Praia do Pedrógão, foram verificados desfasamentos significativos da linha de água a norte e a sul do promontório de 141 m em 1958, 150 m em 1979 e 176 m em 1991, com taxas médias de variação de -0.4 m/ano entre 1958 e 1979 e -2.2 m/ano entre 1979 e 1991.

Quadro 19 – Taxas médias de variação da linha de água nas praias a sul da Figueira da Foz entre 1991 e 1997
(fonte: Cunha *et al.*, novembro de 1997)

Local	Taxa média de variação da linha de água
Imediatamente a sul do último esporão da Cova Gala	-2.0 m/ano
Praia do Fausto (Pedrógão Norte)	-0.9 m/ano
Praia do Pedrógão a sul do afloramento rochoso	-1.2 m/ano
Praia da Vieira (imediatamente a sul do paredão)	-0.5 a -2.7 m/ano
Praia a 3 km a sul da Praia da Vieira	-4.5 a -6.0 m/ano
Olho de Samouco	-2.8 a -6.5 m/ano

Segundo André *et al.* (2016), a praia a sul da Leirosa registou um recuo de cerca de 20 m entre outubro de 2010 e agosto de 2014, a Praia Norte do Pedrógão registou um recuo de cerca de 22 m, com um máximo de 30 m na zona da rotunda norte da Rua Marginal, e a Praia Sul do Pedrógão registou um recuo de cerca de 30 m entre agosto de 2009 e janeiro de 2014. Entre as praias a sul da foz do Mondego até S. Pedro de Moel, registou-se um avanço médio da linha de água de cerca de 4 m/ano, o que resultou a destruição parcial, ou total nos casos mais críticos, do cordão dunar. O Quadro 20 resume os valores da taxa média de variação da linha de água para as praias mais críticas a sul da foz do Mondego, entre 2009 e 2015, com base nestes resultados. Segundo este estudo, o agravamento do processo erosivo verificado deve-se ao prolongamento de 400 m, com curvatura para sudoeste, do molhe norte do Porto da Figueira da Foz, executado entre junho de 2008 e agosto de 2010.

Quadro 20 – Taxas médias de variação da linha de água nas praias a sul da Figueira da Foz entre 2009 e 2015
(adaptado de: André *et al.*, 2016)

Local	Taxa média de variação da linha de água
Praia a sul da Leirosa	-5.2 m/ano
Praia do Pedrógão a norte – Casal Ventoso	-8.3 m/ano
Praia a sul do promontório do Pedrógão	-6.8 m/ano

A partir de imagens aéreas do Google Earth, presentes no Anexo X, é possível perceber as variações do areal na Praia do Pedrógão, entre 2003 e 2012. A partir destas imagens e das fotografias captadas entre dezembro de 2016 e junho de 2017, é possível confirmar um volume de areal anual máximo no verão e mínimo durante o inverno. Dada a complexidade desta dinâmica, o aumento de volume do areal entre inverno e verão e, inversamente, a diminuição de volume do areal entre verão e inverno não é linear, consequência do estado irregular da agitação marítima ao longo do ano. A partir das imagens aéreas é possível perceber, também, que a diferença entre máximos e mínimos consecutivos de volume de areal não é constante, havendo invernos, e verões, com situações mais favoráveis, ou desfavoráveis, que outros.

O Quadro 21 apresenta os valores obtidos por Cunha *et al.* (1997) entre 1958 e 1991 e a partir de imagens aéreas do Google Earth entre 2003 e 2012 e da Direção Geral do Território para 2016, para o desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório da Praia do Pedrógão. A Figura 137 mostra linha de tendência expectável a partir desta gama de valores, recorrendo a uma regressão linear.

Quadro 21 – Desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório da Praia do Pedrógão entre 1958 e 2016

Ano	Desfasamento da linha de água
1958	141 m
1979	150 m
1991	176 m
janeiro de 2003	120 m
outubro de 2006	140 m
agosto de 2009	180 m
outubro de 2011	130 m
março de 2012	175 m
2016	170 m

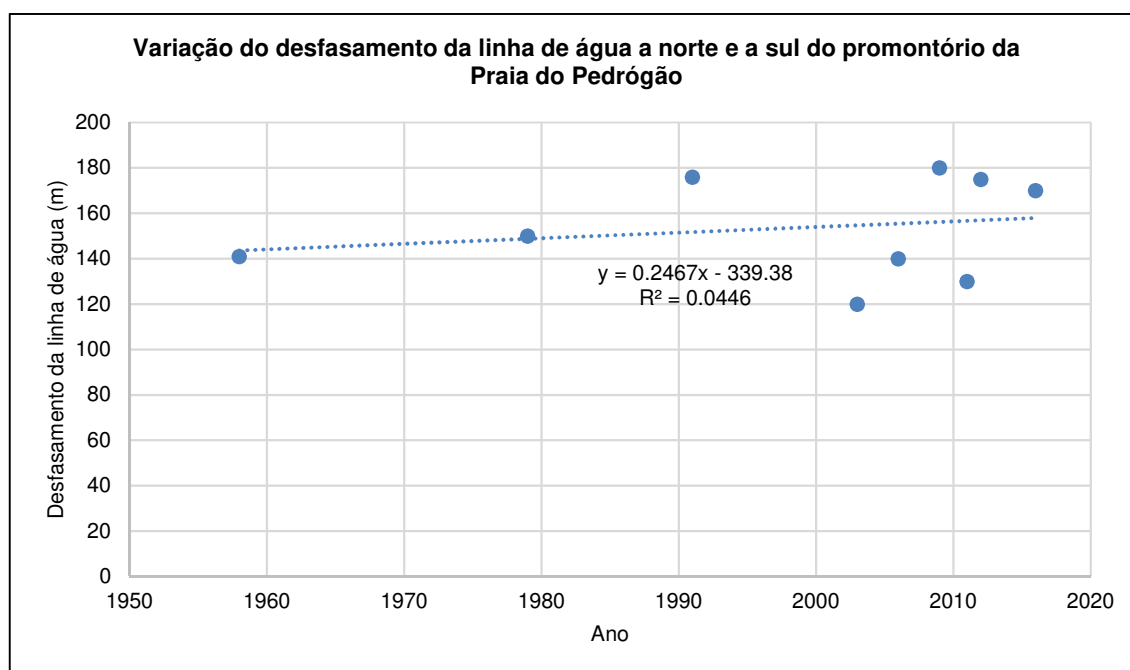


Fig. 137 – Variação do desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório da Praia do Pedrógão entre 1958 e 2016

A partir deste gráfico, é perceptível uma ligeira tendência de aumento do desfasamento da linha de água a norte e a sul do promontório. No entanto, tanto o facto desta amostra de valores ser demasiado reduzida, como as imagens observadas para os diferentes anos da amostra corresponderem a diferentes sazonalidades, não é possível demonstrar uma tendência clara de aumento do desfasamento da linha de água ao longo do tempo. Conforme se pode verificar através do gráfico da Figura 137, a correlação linear da linha de tendência obtida é demasiado reduzida ($r^2 = 0.0446$), devendo-se este resultado à dispersão de valores da amostra para o desfasamento da linha de água registado em meses de primavera e verão (maior desfasamento) ou de outono e inverno (menor desfasamento). Assim, este resultado demonstra a existência de uma dinâmica sazonal e interanual de volumes de areia na praia, em que as maiores variações são registadas na Praia Central do Pedrógão, imediatamente a norte do promontório.

Em Dooagh, povoação localizada na ilha de Achill (Irlanda), verificou-se uma outra variação de volumes de areia, que comprova a complexidade das dinâmicas interanuais. Como consequência da agitação marítima provocada por tempestades severas que afetaram a zona, em 1984, o areal existente em Dooagh desapareceu completamente, transformando o que antes era uma praia de areia numa praia rochosa. Durante maio de 2017 foi reposto naturalmente um volume extraordinário de areia na praia, apenas devido à capacidade de transporte das correntes marítimas. Neste caso, ter-se-á verificado uma tendência de regressão de volumes de areia na praia acentuada, que atingiu o seu limite em 1984, com o desaparecimento total do areal. Após 33 anos, em 2017, verificou-se uma progressão de volumes de areia na praia pontual, mas muito significativa, repondo os volumes de areia semelhantes aos correspondentes a uma situação de equilíbrio. A Figura 138 mostra a situação da praia de Dooagh nos últimos 33 anos (praia rochosa) e a Figura 139 mostra a situação atual da praia de Dooagh (praia com areal extenso).



Fig. 138 – Dooagh: praia rochosa (fonte: Achill Island Tourism, março 2017)



Fig. 139 – Dooagh: praia com areal extenso (fonte: Achill Island Tourism, maio 2017)

5. CONSIDERAÇÃO DE SOLUÇÕES DE MITIGAÇÃO E PROPOSTA DE INTERVENÇÕES A REALIZAR

5.1. NOTA INTRODUTÓRIA

Este capítulo pretende analisar diferentes soluções de mitigação de problemas associados às zonas costeiras, considerando exemplos quer a nível nacional, quer a nível internacional. Considerando as hipóteses possíveis e o proposto pelos diversos documentos existentes sobre a orla costeira (POOC, POC, EMAAC, etc.), este capítulo pretende, ainda, apresentar propostas de intervenções concretas para a Praia do Pedrógão.

As propostas apresentadas neste capítulo são de natureza diversa, podendo passar por intervenções “ligeiras”, que podem ser implementadas a curto prazo, e por intervenções “pesadas”, que podem ser implementadas a médio-longo prazo.

5.2. INTERVENÇÕES PARA A FÓZ DE CURSOS DE ÁGUA

As zonas das praias onde desagüam cursos de água, mesmo que pequenos, apresentam elevada instabilidade. Devido à pequena dimensão dos sedimentos que compõem o areal das praias estes não oferecem qualquer resistência aos cursos de água, que tendem a meandrizar. Assim, ao longo do tempo, os cursos de água apresentam diferentes traçados, nos locais onde desagüam. Consequentemente, esta variação do traçado dos cursos de água gera instabilidade dos taludes envolventes, naturais e/ou artificiais, que vão sofrendo erosões.

Quanto mais caudaloso for o curso de água, maior capacidade de transporte este vai possuir, o que implica maior erosão das margens. Em pequenos cursos de água, em que o seu caudal é praticamente inexistente durante a maior parte do tempo, como é o caso do ribeiro que desagua na Praia Norte do Pedrógão, o caudal é facilmente influenciado pela precipitação. Durante períodos de precipitação, o caudal dos cursos de água aumenta, provocando maior instabilidade das margens. Este fator é, ainda, potenciado pela capacidade erosiva da agitação marítima elevada. Assim, é durante os períodos de tempestades, mais frequentes durante os invernos, quando se verifica maior precipitação e agitação marítima, que se regista maior instabilidade das margens dos cursos de água.

Ao longo da costa portuguesa, têm sido adotadas diferentes soluções para os vários locais de foz de cursos de água existentes. As soluções variam consoante as características locais e os objetivos pretendidos, sendo que há umas que se mostram mais eficazes que outras.

Na Praia de Paredes da Vitória, pertencente ao Concelho de Alcobaça, que foi severamente afetada pelas tempestades do inverno de 2014, a solução implementada consiste num troço inicial com um pequeno muro de gabiões (Figura 140), executado nas duas margens e numa estrutura longitudinal aderente, executada na margem norte como fronteira entre o areal e a marginal (Figura 141). Esta solução protege o passeio marginal, permitindo a meandrização controlada do curso de água ao longo do areal. Apesar de um impacte visual forte, esta solução tem-se revelado bem-sucedida. A Figura 142 mostra a execução de trabalhos de movimentação de areias, como preparação do areal para o início da época balnear 2017.



Fig. 140 – Praia de Paredes da Vitória: muro de gabiões (05/06/2017)



Fig. 141 – Praia de Paredes da Vitória: estrutura longitudinal aderente (05/06/2017)



Fig. 142 – Praia de Paredes da Vitória: movimentações de areias na foz da ribeira (05/06/2017)

Na Praia da Ínsua, pertencente ao Concelho de Viana do Castelo, está a ser implementada uma solução “leve”, pela Polis Litoral Norte. A solução consiste na proteção da duna que compõe a margem sul do curso de água, com recurso a geocilindros. Será executado um troço de 60 m, composto por três geocilindros (20 m de comprimento cada), colocados de forma alinhada, e sob o talude de areia da duna existente. Esta solução tem como objetivo proteger a duna contra a erosão, permitindo a meandrização controlada do curso de água ao longo do areal, minimizando o impacte visual. As Figuras 143 e 144 mostram a execução da intervenção na Praia da Ínsua.



Fig. 143 – Praia da Ínsua: teste da bomba utilizada no enchimento dos geocilindros (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)



Fig. 144 – Praia da Ínsua: colocação de um geocilindro (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)

No caso da Praia do Pedrógão, através da intervenção executada em 2014, decidiu-se fixar a foz do curso de água, com o objetivo de proteger o talude envolvente, que ficou extremamente debilitado devido às tempestades do inverno anterior. A solução implementada consiste numa estrutura longitudinal aderente executada sob o talude de areia que faz fronteira com a Rua Marginal e a execução de dois pequenos esporões, conforme demonstram as Figuras do Anexo IV. Esta solução, apesar de “pesada”, tem um impacte visual reduzido, uma vez que foi executada sob o talude de areia. Com o passar do tempo, os esporões foram acumulando areia até ficarem totalmente enterrados. Deste modo, deixou de se conseguir a fixação do curso de água e este voltou a meandrizar, o que voltou a gerar instabilidade nos taludes envolventes e consequente ruína de parte da estrutura. As Figuras 145 e 146 mostram a situação atual da zona da foz do ribeiro na Praia do Pedrógão.



Fig. 145 – Praia do Pedrógão: cabeça do esporão norte para fixação da foz do ribeiro (11/03/2017)



Fig. 146 – Praia do Pedrógão: talude de areia sobre estrutura longitudinal aderente na zona da foz do ribeiro (22/04/2017)

Para além da recuperação prevista do troço da estrutura aderente danificada, há outras soluções “leves” que podem ser implementadas, com o objetivo de estabilizar o talude. Uma primeira intervenção pode passar pela remoção dos cardos (*Eryngium maritimum*; Figura 147) existentes no talude de areia. Esta planta é invasiva e condiciona o crescimento de outro tipo de vegetação que pode ser benéfico para a estabilidade do talude. Após a remoção da vegetação invasiva, pode ser semeada hamófila (*Ammophila arenaria*; Figuras 148 e 149) de forma a cobrir todo o talude. Esta planta é natural das dunas da região e as suas raízes ajudam a estabilizar o talude. Podem, ainda, ser colocadas paliçadas em madeira, à semelhança das existentes ao longo da praia, com o objetivo de reter areias no talude, servindo como uma proteção primária da estrutura longitudinal aderente.



Fig. 147 – Praia do Pedrógão: cardo (*Eryngium maritimum*) presente no cordão dunar (25/05/2017)



Fig. 148 – Praia do Pedrógão: hamófila (*Ammophila arenaria*) presente no cordão dunar (25/05/2017)



Fig. 149 – Praia da Ínsua: hamófila (*Ammophila arenaria*) presente no cordão dunar (fotografia de: Francisco Duarte, 02/06/2017)

5.3. MANUTENÇÃO DE ESTRUTURAS EXISTENTES

Na Praia Sul é visível algum desgaste no troço inicial da estrutura longitudinal aderente existente, executado em 2003. As condições adversas, em especial o galgamento e o impacto de ondulação forte na estrutura, verificadas durante períodos de tempestade sucessivos ao longo do tempo, levou à remoção de blocos de enrocamento de grande dimensão, do coroamento da estrutura. A falta dos blocos que constituem o manto resistente da estrutura, deixa a sub-camada e o núcleo expostos. Sendo estas camadas interiores compostas por blocos de menores dimensões, estes serão mais facilmente removidos com o impacto da ondulação na estrutura. A Figura 150 mostra o troço inicial da estrutura aderente da Praia Sul, onde são visíveis apenas alguns blocos de maiores dimensões, que constituem o coroamento original da estrutura, na zona mais próxima do talude da arriba, sendo visíveis os blocos de menores dimensões que compõem as camadas interiores da estrutura.



Fig. 150 – Degradação do troço inicial da estrutura aderente da Praia Sul (25/05/2017)

De modo a contrariar a tendência de desgaste da estrutura longitudinal aderente, que será mais evidente ao longo do tempo, deverá ser feito o capeamento da estrutura recorrendo a blocos de enrocamento de grandes dimensões, à semelhança do existente no troço executado em 2015. A Figura 151 mostra o coroamento do troço da estrutura longitudinal aderente, executado em 2015, constituído por blocos de enrocamento de grandes dimensões.



Fig. 151 – Coroamento da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (02/04/2017)

Sendo uma estrutura longitudinal aderente uma intervenção “pesada”, a esta está associado um impacto visual forte. De modo a minimizar o impacte visual criado pela implantação desta estrutura, esta poderá ser coberta por areia. As paliçadas de madeira existentes ao longo da estrutura mostram alguma acumulação de areia (Figuras 152 e 153), no entanto o cobrimento total da estrutura, de forma natural, poderá levar vários anos. No sentido de acelerar este processo, poder-se-á recorrer à técnica de ripagem de areia, cobrindo a estrutura com uma pequena espessura de areia (cerca de 20 cm), podendo esta areia ser removida da praia adjacente. As paliçadas existentes serão importantes para manter não só as areias acumuladas naturalmente, mas também as areias colocadas artificialmente.



Fig. 152 – Acumulação natural de areias ao longo do coroamento da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (02/04/2017)



Fig. 153 – Acumulação natural de areias ao longo do talude da estrutura longitudinal aderente da Praia Sul (05/06/2017)

Através de medições no local, seria necessário cobrir uma largura de cerca de 4 m, no coroamento da estrutura longitudinal aderente, e uma média de 2 m, do talude da estrutura. Considerando uma largura total da estrutura a cobrir de 6 m e uma extensão total, aproximada, de 400 m, obtemos uma área total a cobrir por areia de 2 400 m². Considerando uma cobertura com uma altura de 0.20 m de areia e assumindo um valor comum de 5 €/m³ de areia, uma intervenção deste tipo teria um custo na ordem dos 2 400 €.

5.4. RIPAGENS DE AREIA

As ripagens de areia consistem em trabalhos de movimentações de areias, com recurso a maquinaria (escavadora, retroescavadora, *dumper*, *bulldozer*), de modo a compor ou fortalecer zonas debilitadas pela erosão costeira (praia, cordão dunar). Nestas intervenções, normalmente, é removida areia da praia adjacente à zona intervinda, durante a baixa-mar e de cotas mais reduzidas, que é posteriormente transportada e depositada nos locais desejados.

Este tipo de intervenção é usual ao longo da costa portuguesa, no geral, e na Praia Central do Pedrógão, em particular, na zona imediatamente a norte do promontório, quando o volume de areia repostado naturalmente na praia, após o período de tempestades, não é suficiente para cobrir o fundo rochoso. Esta ação tem como objetivo a preparação do areal para a época balnear.

Em 2014, devido às fortes tempestades que fustigaram a costa portuguesa, foi necessário recorrer a este tipo de intervenção para proteger os apoios de praia e a Rua Marginal que se encontravam em risco. As Figuras 154 e 157 mostram o processo cíclico tipo em que consistem as ripagens de areia: remoção de areias de zonas normalmente submersas, com recurso a escavadora (Figura 154); transporte de areias, através de *dumpers* (Figura 155); deposição de areias (Figura 156); composição de areias consoante a forma pretendida, com recurso a *bulldozer* (Figura 157).



Fig. 154 – Escavadora a remover areia durante a baixa-mar e a carregar *dumper* (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)



Fig. 155 – *Dumper* a transportar areia até ao local desejado (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)



Fig. 156 – *Dumper* a depositar areia no local desejado (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)



Fig. 157 – *Bulldozer* a compor areia de modo a fortalecer o talude de proteção (fotografia de: Eng.º Ricardo Santos, CM Leiria, 11/01/2014)

Na Praia Central, na zona imediatamente a norte do promontório, de modo a otimizar a retenção de areia na praia depositada através das ripagens realizadas, e a fortalecer o talude, podem ser tomadas algumas medidas. As paliçadas existentes (Figura 158), podem ser melhoradas, aumentando a profundidade da sua fundação, de modo a resistirem melhor às consequências dos temporais. A implementação de um estrado em madeira amovível, que permita a passagem pedonal, ao longo da parte superior do talude de areia, à semelhança do existente na zona mais a norte da Praia Central (Figura 159), ajudará, também, a maximizar a retenção de areia. Pode, ainda, ser semeada vegetação natural da zona, como o caso da hamófila (*Ammophila arenaria*), semelhante ao existente na zona da foz do ribeiro (Praia Norte) e ao longo do cordão dunar a norte e a sul.



Fig. 158 – Praia Central: paliçadas para retenção de areia (14/04/2017)



Fig. 159 – Praia Central: estrado em madeira para passagem pedonal (28/01/2017)

5.5. ESPORÕES VS. QUEBRAMARES DESTACADOS

5.5.1. PROPOSTAS EXISTENTES

Os vários planos e estratégias existentes para a orla costeira propõe soluções distintas, na abordagem ao combate dos problemas erosivos verificados na Praia do Pedrógão. No POC-OMG (2015), é proposto a execução de um esporão mergulhante como prolongamento do promontório. Na EMAAC Leiria (2017), é proposto a execução de uma estrutura longitudinal submersa. A cada uma destas duas soluções está associado um conjunto de vantagens e desvantagens. Uma vez que consistem em intervenções de engenharia “pesadas”, a estas soluções está associado um impacto ambiental e visual pesado, grandes movimentações de materiais e custos elevados. No entanto, estas soluções serão mais eficazes na defesa de núcleos urbanos que outras soluções de engenharia “leves”, como estruturas com troncos de árvores cravados ou em madeira, recifes artificiais, geossintéticos em sacos, telas ou em tubos cilíndricos, etc. Ainda assim, soluções como esporões ou quebramares destacados, não resolvem os problemas erosivos definitivamente, sendo que apesar de atenuar o processo erosivo na zona defendida, transferem e aceleram este processo nas zonas adjacentes.

5.5.2. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM ESPORÃO

Os esporões consistem em estruturas de defesa costeira “pesadas”, executadas perpendicularmente à costa e nela enraizadas. O principal objetivo destas estruturas é reter areias transportadas longitudinalmente, através de correntes marítimas.

Em Portugal existe bastante experiência na defesa de frentes urbanas com recurso a esporões (ex.: Ofir, Espinho, Esmoriz, Cortegaça, Furadouro, Costa Nova, Vagueira, Cova, Gala, Leirosa, Cova do Vapor, Costa da Caparica). Segundo Veloso Gomes (2016b), estas povoações provavelmente já não existiriam, caso esta solução não tivesse sido implementada. No caso do Pedrógão, a existência do promontório, que funciona de maneira semelhante a um esporão, será a razão que tem permitido a permanência da frente urbana. Com a evolução do processo erosivo, tem-se verificado a incapacidade de retenção de areia a norte do promontório durante os invernos, o que permite o avanço do mar. Assim, com a execução de um esporão como prolongamento do promontório, poderá ser possível a retenção de maiores volumes de areia a norte do promontório e, consequentemente, atenuar o avanço do mar.

O principal aspeto negativo resultante da acumulação de areia a norte do promontório seria a antecipação do processo erosivo na praia a sul. De modo a minimizar este aspeto negativo, o POC-OMG propõe que o esporão seja mergulhante, o que facilitará a transposição natural de areias, com recurso às correntes marítimas longitudinais.

Com o objetivo de obter uma estimativa do custo de execução de um esporão como prolongamento do promontório da Praia do Pedrógão, foram estudadas várias alternativas, com diferentes comprimentos para o esporão (de 50 a 150 m) e formas (em “T” ou em “L”). Este dimensionamento foi realizado com base no “Projeto de Um Esporão na Praia de Vieira de Leiria”, no âmbito de protocolo entre INAG e FEUP (Velooso Gomes 2001). As Figuras 160 e 161 mostram a representação em planta de esporões em “T” e em “L”, respetivamente, com 100 m de comprimento. No Anexo XI estão representadas as figuras, em planta, das restantes alternativas estudadas.

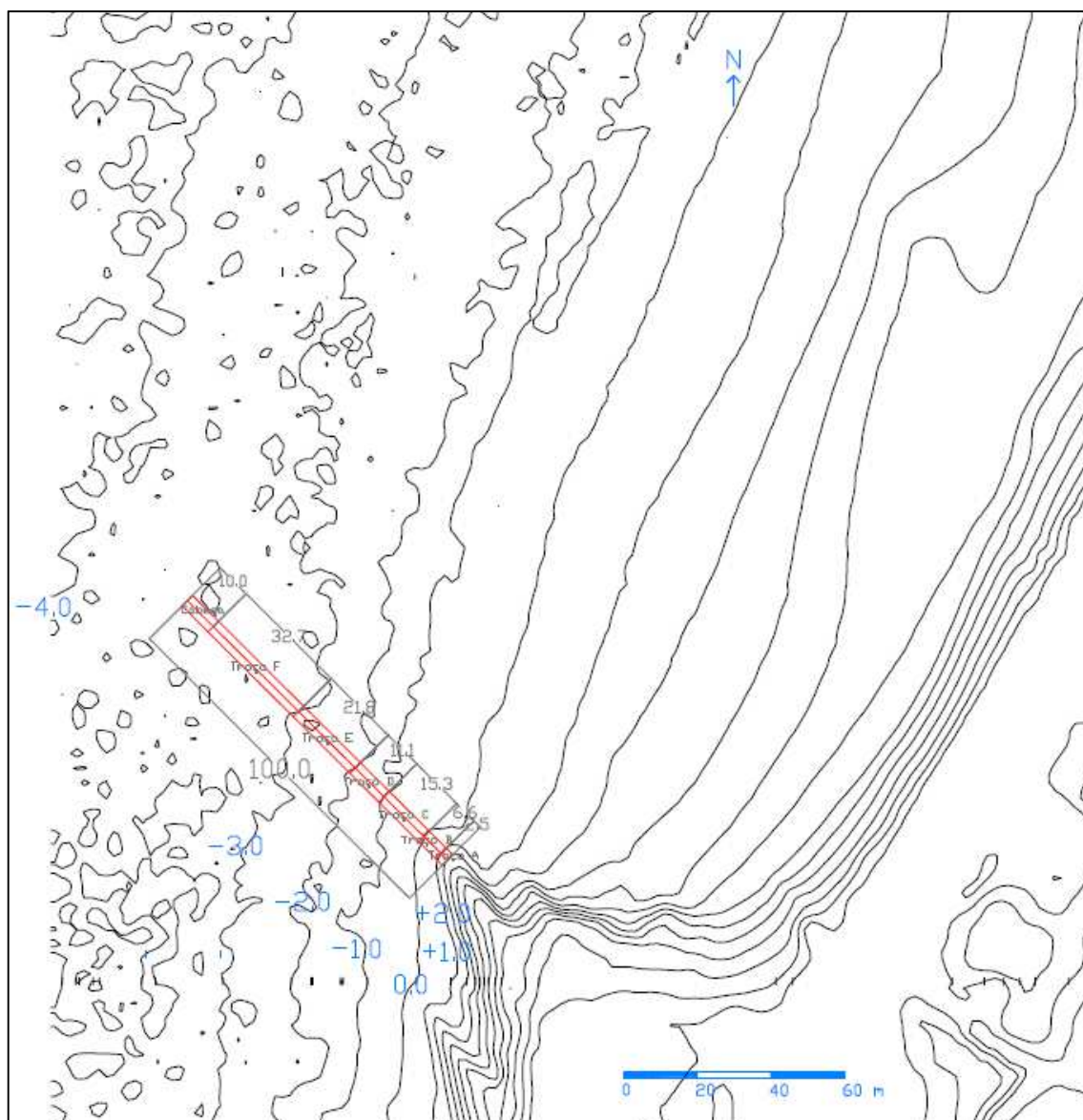


Fig. 160 – Planta de implantação de esporão em “L” para a hipótese de 100 m de comprimento

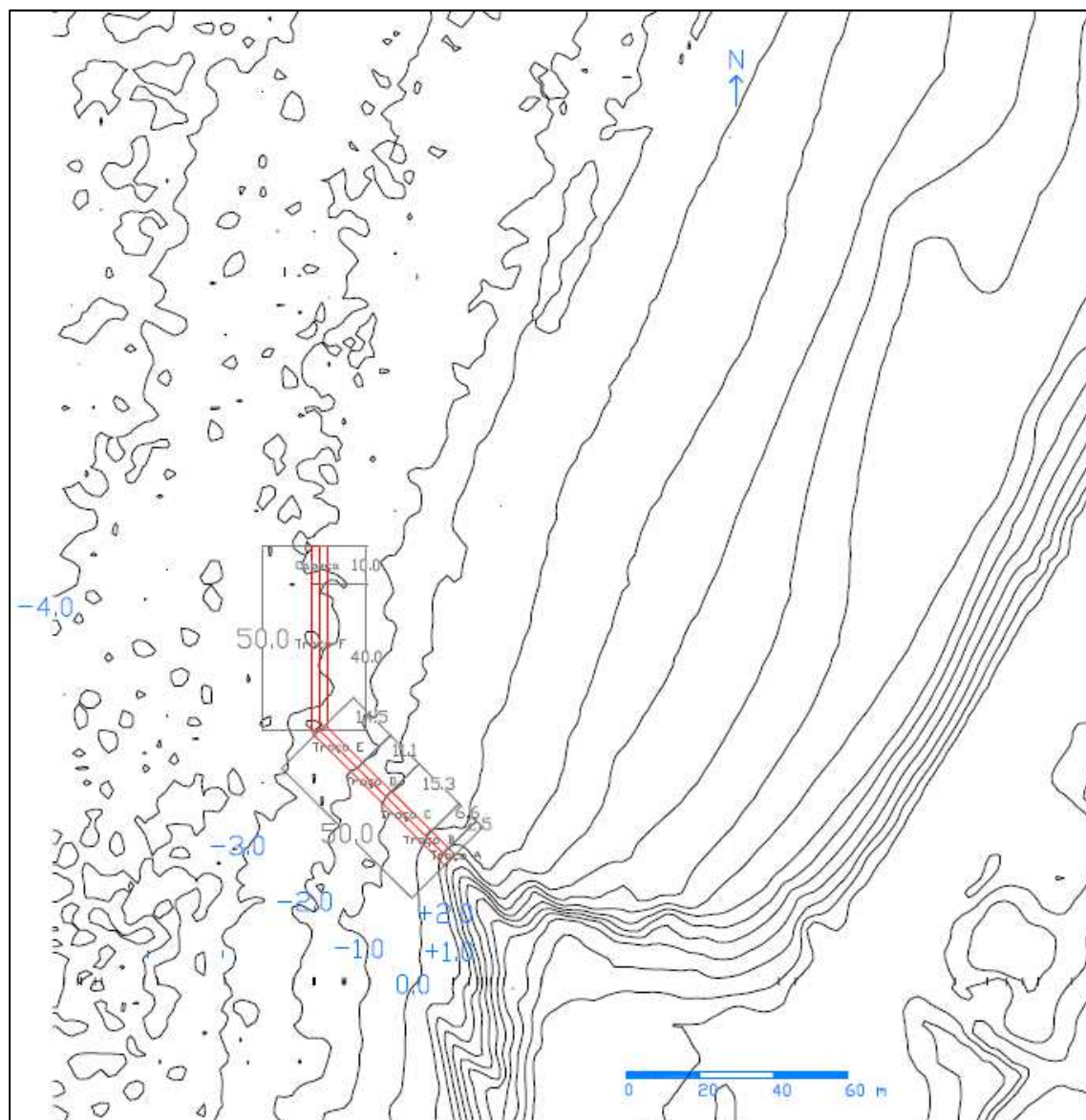


Fig. 161 – Planta de implantação de esporão em "L" para a hipótese de 100 m de comprimento

O pré-dimensionamento das várias alternativas de esporões estudadas foi efetuado com base nos modelos para quebra-mares de taludes, proposto pelo SPM (1984), conforme mostra a Figura 162, sendo que o peso dos blocos, que constituem as várias camadas do esporão, foram calculados através da Fórmula de Hudson:

$$W = \frac{\gamma H^3}{K_D \left(\frac{\gamma - \gamma_w}{\gamma} \right)^3 \cot \theta} \quad (1)$$

em que:

- W – peso dos blocos (kN);
- γ – peso volúmico do material dos blocos (kN/m³);
- γ_w – peso volúmico da água salgada (kN/m³);
- H – altura de onda de projeto (m);
- K_D – coeficiente de estabilidade dos blocos;
- θ – ângulo de inclinação do talude.

A altura de onda de projeto (H) foi calculada em função das profundidades, através da fórmula:

$$H = 0.78d \quad (2)$$

em que:

- H – altura de onda de projeto (m);
- d – profundidade em relação ao Z.H. (m).

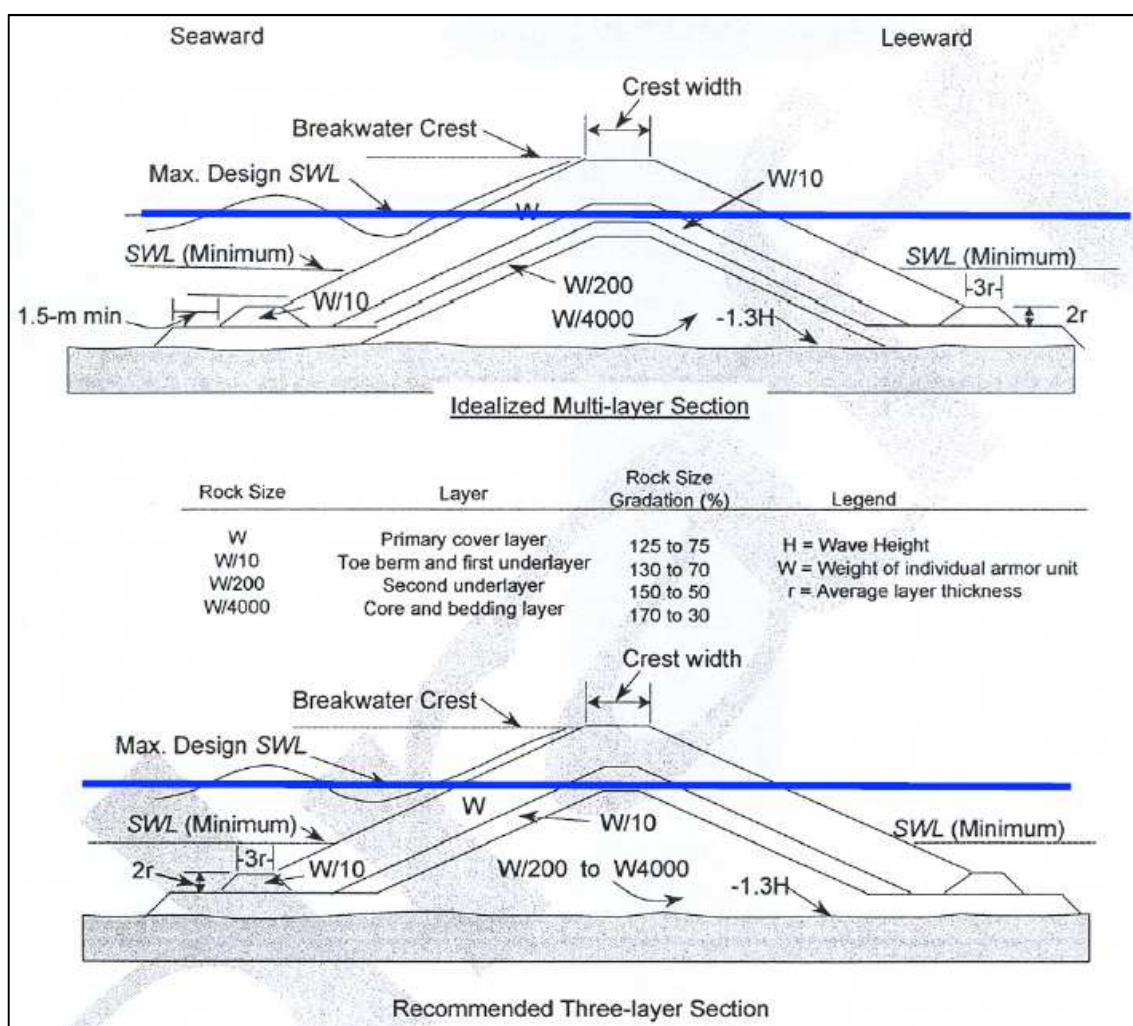


Fig. 162 – Perfis transversais tipo para quebramares de taludes dentro da zona de rebentação (fonte: SPM, 1984)

A definição das profundidades foi feita com base no levantamento “LIDAR 2011 / DGT-POVT”, disponibilizados pela APA, conforme mostra a Figura 163.

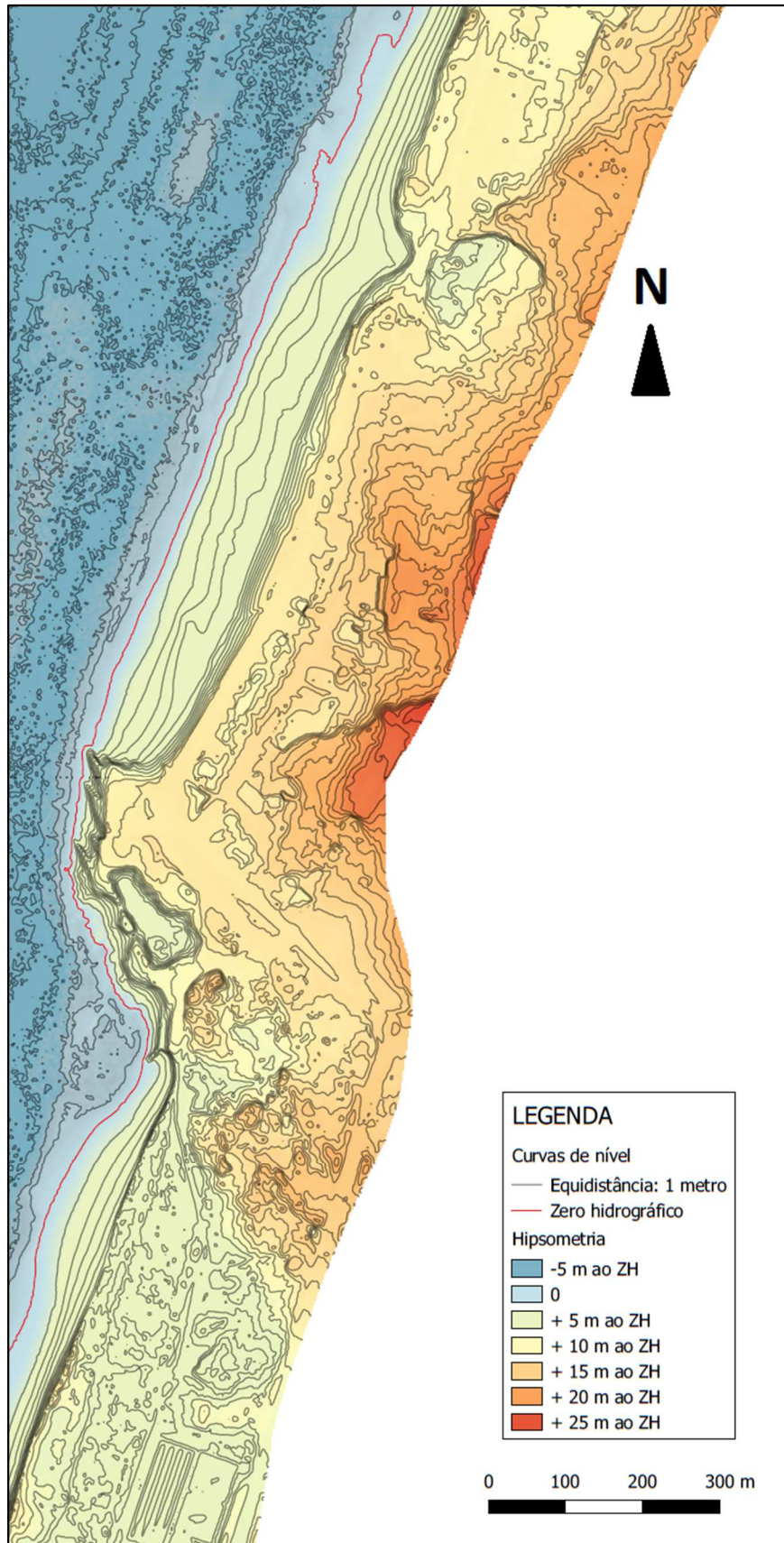


Fig. 163 – Hipsometria da Praia do Pedrógão (adaptado de: LIDAR 2011 / DGT-POVT)

Foi considerada uma cota de coroamento do esporão, constante, de +2.0 m ao Z.H., de maneira a garantir que o esporão fique submerso durante a preia-mar (PM), indo ao encontro do proposto no POC-OMG, com uma largura de 4 m. Considerou-se um nível de água de PMAV de +4.0 m ao Z.H., valor comum no litoral de Portugal Continental, e um peso volúmico da água salgada de 10.2 kN/m³. O material preferencial para os blocos será enrocamento natural (calcário denso), de modo a minimizar o impacto visual. Foram também considerados blocos em betão e betão de alta densidade, para profundidades em que não seja possível a utilização de blocos naturais, por limitação das pedreiras em produzir blocos de dimensões demasiado elevadas ($W > 12-14$ tf). O peso volúmico considerado, para os diferentes materiais, está compreendido entre os valores do Quadro 22.

Quadro 22 – Peso volúmico dos materiais

Material	Peso Volúmico (kN/m ³)
Calcário (denso)	20.0 - 26.0
Betão	24.0 - 25.0
Betão de alta densidade	32.0 - 35.0

Foi considerado um perfil variável consoante a profundidade, com inclinação dos taludes (H:V) de 2:1 ou 3:2. Os coeficientes de forma considerados, variam consoante o tipo de bloco (enrocamento ou cubos de betão) zona da secção (troço comum ou cabeça), tendo sido escolhidos com base nos valores propostos por Pita (1986), CEM (2006) e LNEC, conforme mostram os Quadros 23, 24 e 25, respetivamente.

Quadro 23 – Valores de coeficientes de estabilidade (fonte: Pita, 1986)

Tipo de Blocos	K _D
Enrocamento	1.6 - 4.0
Cubos de betão	5.0 - 7.5

Quadro 24 – Valores de coeficientes de estabilidade para cubos de betão (fonte: CEM, 2006)

Nível de danos	N _s	K _D	
		Talude 1:1.5	Talude 1:2
Início	1.8 - 2.0	3.9 - 5.3	2.9 - 4.0
Moderados	2.3 - 2.6	8.1 - 12.0	6.1 - 8.8

Quadro 25 – Valores de coeficiente de estabilidade para blocos de enrocamento (fonte: LNEC)

Tipo de blocos	Nº de camadas	K _D : Perfil		K _D : Cabeça		Talude (cotg θ)
		< Z.R.	> Z.R.	< Z.R.	> Z.R.	
Liso e arredondado	2	2.1	2.4	1.7	1.9	1.5 - 3.0
Liso e arredondado	> 3	2.8	3.2	2.1	2.3	1.5 - 3.0
Áspero e irregular	1	-	2.9	-	2.3	1.5 - 3.0

Foi considerado que o peso dos blocos da sub-camada corresponde a 1/10 do peso dos blocos do manto resistente. Para o coeficiente de forma dos blocos de enrocamento foi considerado um valor de 1.00 e de 1.10 para cubos de betão, conforme os valores apresentados no SPM (1984), sendo a dimensão característica dos blocos calculada através da fórmula:

$$e_{\Delta} = K_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma} \right)^{1/3} \quad (3)$$

em que:

- e_{Δ} – dimensão característica dos blocos;
- K_{Δ} – coeficiente de forma dos blocos;
- W – peso dos blocos (kN);
- γ – peso volúmico do material dos blocos (kN/m³).

Os Quadros 26, 27 e 28 mostram, respetivamente, os valores obtidos para o peso dos blocos de enrocamento (calcário denso), para cubos de betão e para cubos de betão de alta densidade, em função da profundidade. Os valores apresentados para estas três opções são para o troço corrente do esporão, considerando taludes com inclinação (H:V) de 2:1. No Anexo XI estão os restantes Quadros com os valores obtidos para as diferentes opções consideradas.

Quadro 26 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: blocos de calcário denso com talude 2:1

Enrocamento (calcário denso)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	e Δ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	e Δ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	392.44	49.1 29.4	2.54	5.1	39.24	4.9 2.9	1.18	2.4
PMAV (m)	4.0	-3.0	7.0	5.46	262.91	32.9 19.7	2.22	4.4	26.29	3.3 2.0	1.03	2.1
γ_w (kN/m ³)	10.2	-2.0	6.0	4.68	165.56	20.7 12.4	1.90	3.8	16.56	2.1 1.2	0.88	1.8
cotg(θ)	2.00	-1.0	5.0	3.90	95.81	12.0 7.2	1.59	3.2	9.58	1.2 0.7	0.74	1.5
γ_r (kN/m ³)	24.0	0.0	4.0	3.12	49.06	6.1 3.7	1.27	2.5	4.91	0.6 0.4	0.59	1.2
N	2	1.0	3.0	2.34	20.70	2.6 1.6	0.95	1.9	2.07	0.3 0.2	0.44	0.9
Kd	3.0	2.0	2.0	1.56	6.13	0.8 0.5	0.63	1.3	0.61	0.1 0.0	0.29	0.6
K Δ_r	1.00	3.0	1.0	0.78	0.77	0.1 0.1	0.32	0.6	0.08	0.0 0.0	0.15	0.3

Quadro 27 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão com talude 2:1

Cubos (betão)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	e Δ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	e Δ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	294.33	29.4	2.54	5.1	29.43	3.7 2.2	1.07	2.1
PMAV (m)	4.0	-3.0	7.0	5.46	197.18	19.7	2.22	4.4	19.72	2.5 1.5	0.94	1.9
γ_w (kN/m ³)	10.2	-2.0	6.0	4.68	124.17	12.4	1.90	3.8	12.42	1.6 0.9	0.80	1.6
cotg(θ)	2.00	-1.0	5.0	3.90	71.86	7.2	1.59	3.2	7.19	0.9 0.5	0.67	1.3
γ_r (kN/m ³)	24.0	0.0	4.0	3.12	36.79	3.7	1.27	2.5	3.68	0.5 0.3	0.54	1.1
γ_c (kN/m ³)	24.0	1.0	3.0	2.34	15.52	1.6	0.95	1.9	1.55	0.2 0.1	0.40	0.8
N	2	2.0	2.0	1.56	4.60	0.5	0.63	1.3	0.46	0.1 0.0	0.27	0.5
Kd	4.0	3.0	1.0	0.78	0.57	0.1	0.32	0.6	0.06	0.0 0.0	0.13	0.3
K Δ_r	1.00											
K Δ_c	1.10											

Quadro 28 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 2:1

Cubos (betão de alta densidade)					Manto Resistente				Sub-camada				
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	
		-4.0	8.0	6.24	99.55	10.0	1.61	3.2	13.27	1.7	1.0	0.82	1.6
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	82.03	8.2	1.51	3.0	10.94	1.4	0.8	0.77	1.5
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	66.69	6.7	1.41	2.8	8.89	1.1	0.7	0.72	1.4
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	53.40	5.3	1.30	2.6	7.12	0.9	0.5	0.67	1.3
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	42.00	4.2	1.20	2.4	5.60	0.7	0.4	0.62	1.2
γc (kN/m³)	32.0	-1.0	5.0	3.90	24.30	2.4	1.00	2.0	3.24	0.4	0.2	0.51	1.0
N	2	0.0	4.0	3.12	12.44	1.2	0.80	1.6	1.66	0.2	0.1	0.41	0.8
Kd	4.0	1.0	3.0	2.34	5.25	0.5	0.60	1.2	0.70	0.1	0.1	0.31	0.6
KΔr	1.00	2.0	2.0	1.56	1.56	0.2	0.40	0.8	0.21	0.0	0.0	0.21	0.4
KΔc	1.10	3.0	1.0	0.78	0.19	0.0	0.20	0.4	0.03	0.0	0.0	0.10	0.2

A partir dos valores obtidos, verifica-se que a utilização de blocos de enrocamento está limitada a profundidades de -1.0 m ao Z.H, devido ao peso dos blocos. Devido à diferença de dimensões obtida para cubos de betão e cubos de betão de alta densidade, será considerada a utilização de cubos de betão de alta densidade para profundidades em que não seja possível a utilização de blocos de enrocamento, apesar do custo para cubos de betão de alta densidade ser consideravelmente superior.

Para estimar o custo de execução do esporão, as várias alternativas foram divididas em troços, em função da profundidade e consequente peso dos blocos. O Quadro 29 mostra o custo considerado dos blocos de enrocamento, em função de uma gama de pesos (tf) por volume (m³). O Quadro 30 mostra o custo dos cubos de betão de alta densidade adotado, em função do peso (tf) por número de blocos. Estes valores são indicativos. Este tipo de intervenções exige a obtenção de propostas por Concurso Público. Para os cubos de betão considerou-se um índice de área ocupada de 0.90, sendo que o número de blocos foi calculado através da seguinte expressão:

$$N = A \times e \quad (4)$$

em que:

- N – número de blocos;
- A – área da camada (m²);
- e – índice de área ocupada.

Quadro 29 – Estimativa de custo de blocos de enrocamento (calcário denso) por gama de pesos

W (tf)	C (€/m³)
TOT	20
0.5 - 1.0	25
1.0 - 1.5	30
1.5 - 2.5	35
3.5 - 6.0	45
7.0 - 12.0	55

Quadro 30 – Estimativa de custo de cubos de betão de alta densidade por gama de pesos

W (tf)	C (€/uni)
4.5	340
5.5	415
6.5	490
7.0	525
8.0	600
8.5	640
9.0	675
9.5	715
11.5	865
13.5	1015

Para uma solução de um esporão em “I” com 50 m de comprimento, foi considerado um tronco comum dividido em 5 troços (A, B, C, D e E) e 1 troço para a Cabeça. O custo obtido foi cerca de 350 000 €. As secções de cada um dos troços considerados será constituída da seguinte forma:

- Troço A: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento;
- Troço B-C: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Troço D: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + núcleo em TOT;
- Troço E: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Cabeça: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT.

Para uma solução de um esporão em “I” com 100 m de comprimento, foi considerado um tronco comum dividido em 6 troços (A, B, C, D, E e F) e 1 troço para a Cabeça. O custo obtido foi cerca de 1 650 000 €. As secções de cada um dos troços considerados será constituída da seguinte forma:

- Troço A: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento;
- Troço B-C: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Troço D: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + núcleo em TOT;
- Troço E-F: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Cabeça: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT.

Para uma solução de um esporão em “I” com 150 m de comprimento, foi considerado um tronco comum dividido em 6 troços (A, B, C, D, E e F) e 1 troço para a Cabeça. O custo obtido foi cerca de 3 700 000 €. As secções de cada um dos troços considerados será constituída da seguinte forma:

- Troço A: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento;
- Troço B-C: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Troço D: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + núcleo em TOT;
- Troço E-F: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Cabeça: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT.

Para uma solução de um esporão em “L” com 100 m de comprimento, foi considerado um tronco comum dividido em 6 troços (A, B, C, D, E e F) e 1 troço para a Cabeça. O custo obtido foi cerca de 1 550 000 €. As secções de cada um dos troços considerados será constituída da seguinte forma:

- Troço A: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento;
- Troço B-C: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Troço D: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + núcleo em TOT;
- Troço E-F: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Cabeça: manto resistente com 2 camadas de blocos cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT.

Para uma solução de um esporão em “L” com 150 m de comprimento, foi considerado um tronco comum dividido em 7 troços (A, B, C, D, E e F) e 1 troço para a Cabeça. O custo obtido foi cerca de 3 800 000 €. As secções de cada um dos troços considerados será constituída da seguinte forma:

- Troço A: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento;
- Troço B-C: manto resistente com 1 camada de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Troço D: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + núcleo em TOT;
- Troço E-F-G: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT;
- Cabeça: manto resistente com 2 camadas de blocos cubos de betão + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento + núcleo em TOT.

A secção transversal do troço A, apenas é constituída por uma camada de blocos de enrocamento, de modo a garantir um coroamento uniforme na zona extrema do promontório. A secção transversal dos troços B e C é constituída pelo manto resistente, em blocos de enrocamento, e pelo núcleo em enrocamento *tout-venant*. A secção transversal do troço D é constituída pelo manto resistente, em cubos de betão, e pelo núcleo em enrocamento *tout-venant*. Dada a altura reduzida da secção transversal destes troços, não é justificável a execução de uma sub-camada. Assim sendo, para garantir que o material que constitui o núcleo se mantenha estável, este deverá ter um peso mínimo de 0.1 tf. A secção transversal dos restantes troços, dadas as profundidades que atingem, é constituída pelo manto resistente, em cubos de betão, por uma sub-camada, em blocos de enrocamento, por risbermas, em blocos de enrocamento com dimensão igual à dos blocos que constituem a sub-camada, e pelo núcleo, em enrocamento *tout-venant*.

As Figuras 164, 165 e 166 apresentam as secções transversais para os troços C, E e da Cabeça, respetivamente, para uma solução de esporão em “I” com 150 m de comprimento. As secções transversais para os restantes troços estão representadas no Anexo XI.

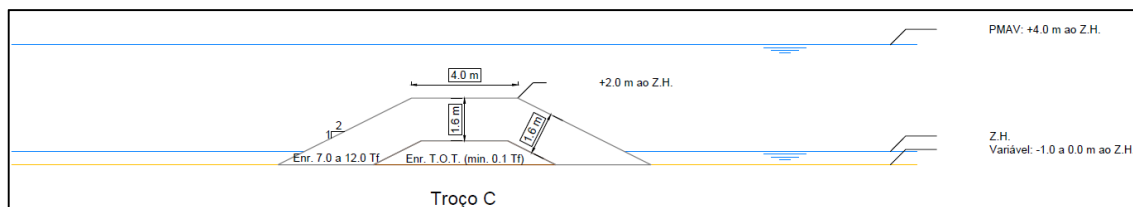


Fig. 164 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço C

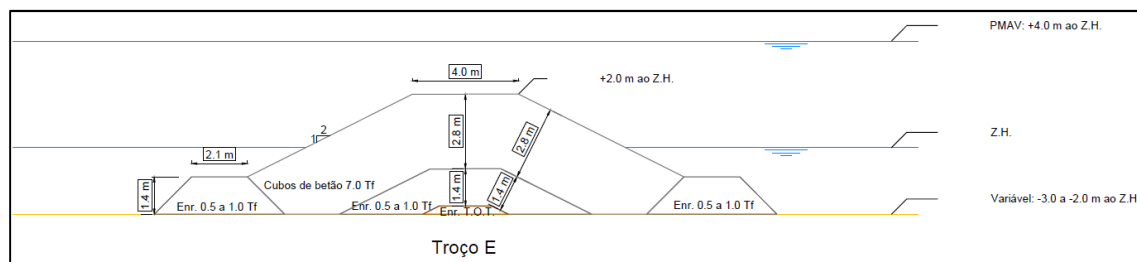


Fig. 165 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço E

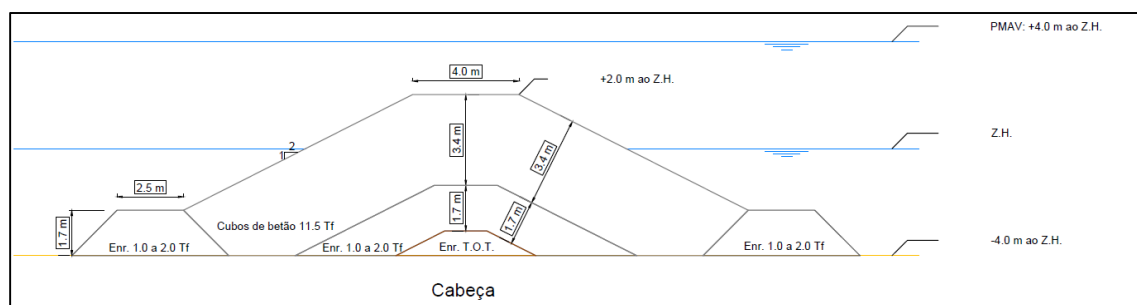


Fig. 166 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Cabeça

No Anexo XI estão os Quadros que resumem os valores que permitiram as estimativas de custo, apresentadas para cada solução, em função do tipo de blocos e respetivo peso, utilizados nas secções dos diferentes troços considerados. A partir dos valores obtidos, foi possível traçar um gráfico que permite obter uma estimativa de custo de esporão a executar, em função do comprimento desejado, quer para uma solução em “I”, quer para uma solução em “L” (Figura 167). A partir destes resultados é possível verificar que a profundidade tem uma influência determinante no custo do esporão, o que faz com que a curva de custo do esporão aumente de forma exponencial em função do seu comprimento. Um esporão em “L”, com 150 m, terá um custo superior a um esporão em “I” com o mesmo comprimento, uma vez que apresenta um troço de 50 m mais exposto à ondulação, à semelhança de um quebramar destacado, sendo que ambas as soluções atingem profundidades máximas na ordem dos -4.0 m ao Z.H.. No caso de um esporão em “L”, com 100 m, o custo será inferior ao de um esporão em “I” com o mesmo comprimento, apesar de apresentar um troço de 50 m mais exposto à ondulação, uma vez que a solução em “L” atinge profundidades máximas na ordem dos -3.0 m ao Z.H., enquanto que a solução em “I” atinge profundidades máximas na ordem dos -3.5 m ao Z.H..

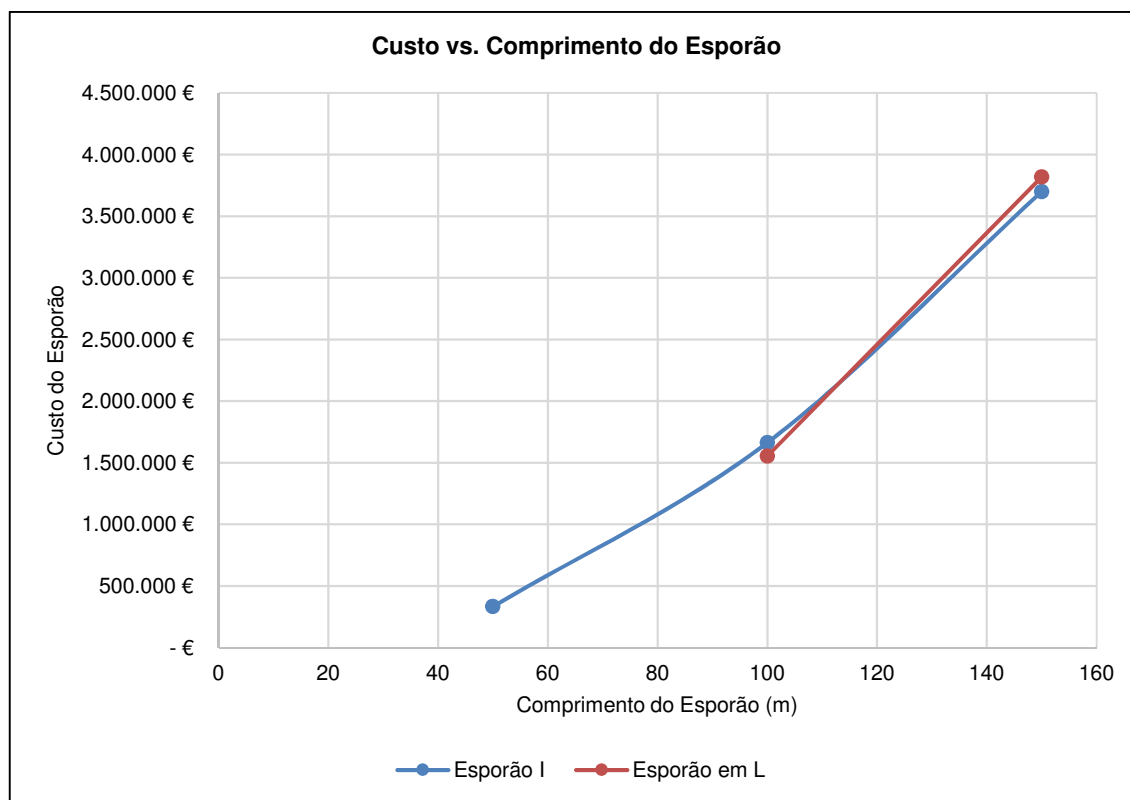


Fig. 167 – Estimativa de custo de um esporão em função do seu comprimento

5.5.3. PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO

Os quebramares destacados consistem em estruturas de defesa costeira “pesadas”, executadas paralelamente à costa e não enraizadas, inspiradas em barreiras naturais (recifes). O principal objetivo destas estruturas é a proteção da costa, antecipando a zona de rebentação com uma diminuição da profundidade. Como objetivo secundário, estas estruturas permitem a acumulação de sedimentos na zona abrigada.

O facto deste tipo de estrutura não ser enraizada na costa, torna-a bastante mais complexa que os esporões, quer no seu dimensionamento, quer no processo construtivo. Dada esta complexidade, em Portugal apenas existem alguns exemplos deste tipo de estrutura (ex.: Caxinas, Barra Sul do Douro, Aguda). De notar que, devido à forte ondulação que incide sobre a costa portuguesa e de forma a minimizar problemas de estabilidade da estrutura por infraescavações, procurou-se construir sobre fundos rochosos. No caso do quebramar destacado da Aguda, a forma curvilínea deve-se exatamente ao facto de acompanhar o fundo rochoso e, no caso a Barra Sul do Douro, o quebramar destacado foi executado sobre fundo de areia, com uma distância de 3-4 m do fundo rochoso. Na praia de Young-Jin, situada na costa este da Coreia do Sul, uma vez que a ondulação incidente é bastante mais suave comparativamente à situação da costa portuguesa, foi aplicada uma solução mais “leve” que consiste na execução de um quebramar destacado submerso em *geotubos* (Figura 168). Segundo Oh e Shim (2006), após um ano da implementação desta solução, registou-se um avanço da linha de costa em relação ao mar de 2.4 m a 7.6 m.

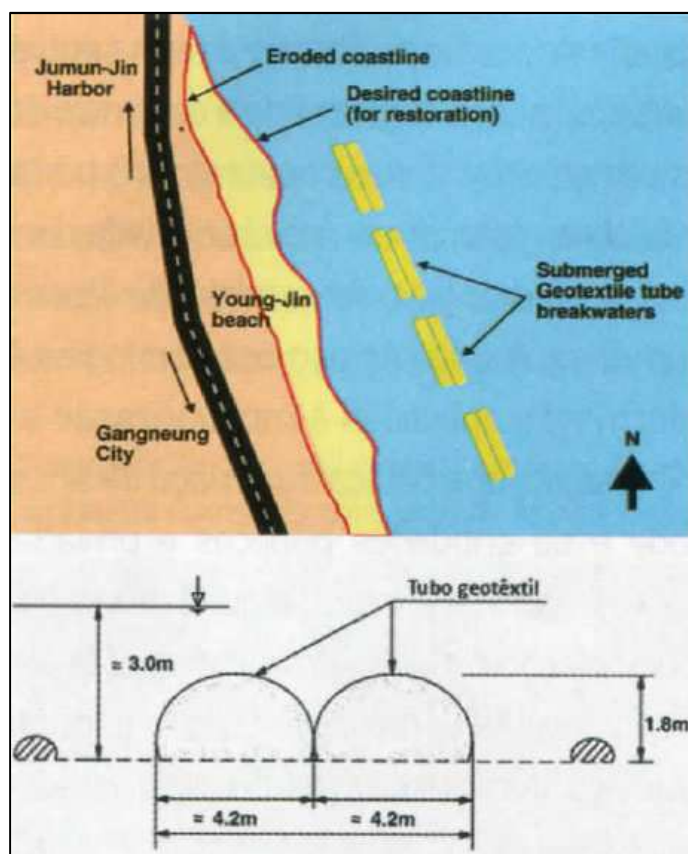


Fig. 168 – Representação esquemática em planta e em perfil da solução em *geotubos* implementada na praia de Young-Jin, Coreia do Sul (fonte: Carmo, 2014, adaptado de Oh e Shim, 2006)

De modo a minimizar as perturbações ao transporte longitudinal de areias, a EMAAC Leiria propõe a execução de uma estrutura submersa. Com o objetivo de obter uma comparação em termos de custo à execução de um esporão, foi estudado o pré-dimensionamento de um quebramar destacado a executar ao longo da Praia Central do Pedrógão. As Figuras 169 e 170 mostram, respetivamente, a representação em planta de um quebramar destacado com 150 m de comprimento, contínuo e descontínuo.

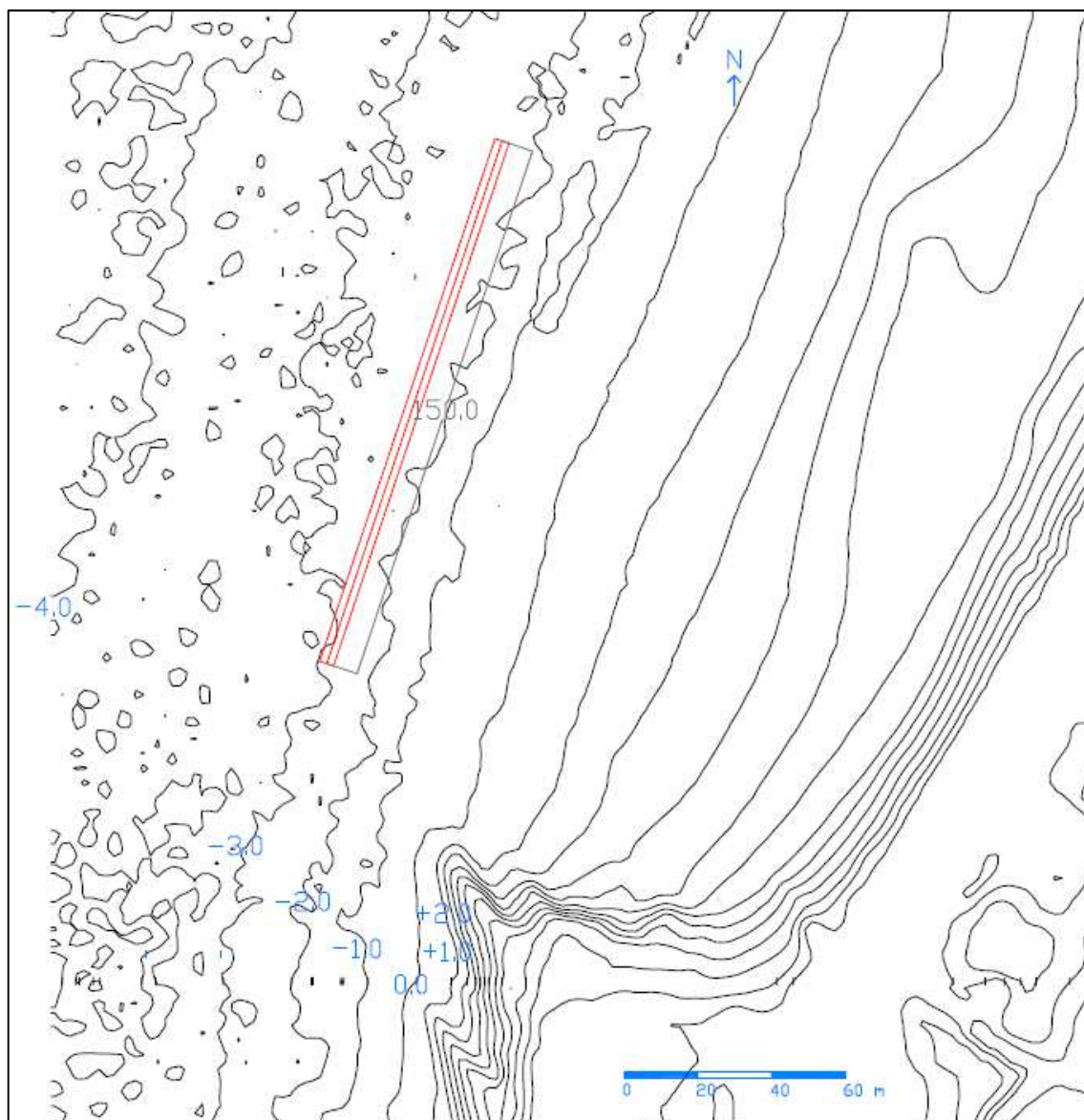


Fig. 169 – Planta de implantação de quebramar destacado contínuo com 150 m de comprimento

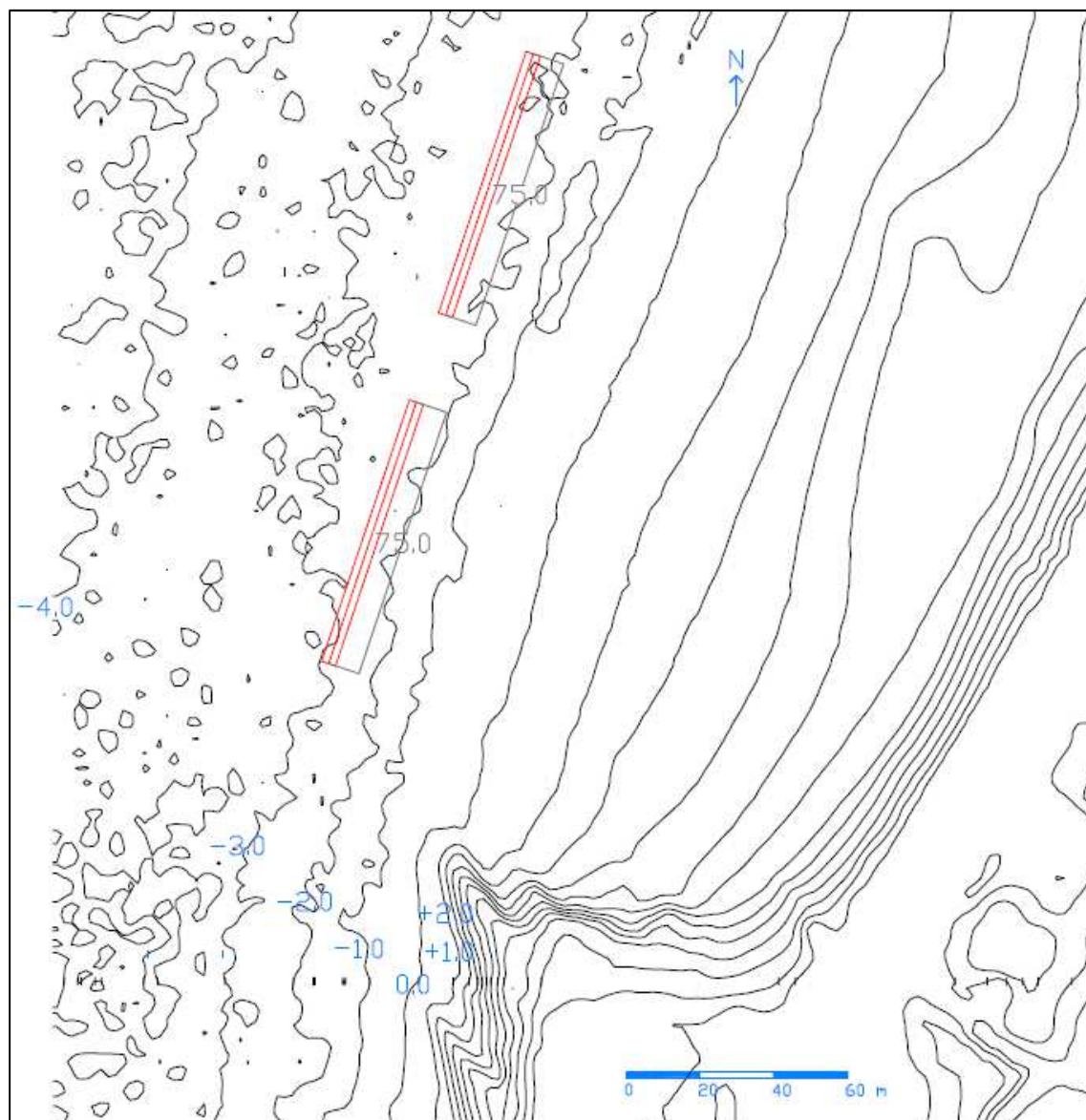


Fig. 170 – Planta de implantação de quebramar destacado descontínuo (dois módulos) com 150 m de comprimento (2 x 75 m)

Foi considerada uma estrutura de dimensões semelhantes às consideradas para o estudo do esporão, com uma cota de coroamento constante de +2.0 m ao Z.H. e 4 m de largura. Considerou-se o mesmo nível para a PMAV de +4.0 m ao Z.H e considerou-se que o quebramar destacado será executado à cota -2.5 m ao Z.H.. A metodologia de cálculo do peso dos blocos foi igual à utilizada no estudo do esporão, sendo considerados os mesmos pesos volúmicos para a água salgada e para os materiais dos possíveis blocos a utilizar (blocos de enrocamento em calcário denso, cubos de betão e cubos de betão de alta densidade). O Quadro 31 mostra o peso dos blocos a utilizar na execução de um quebramar destacado, considerando a inclinação do talude (H:V) de 2:1.

Quadro 31 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas do quebramar destacado em função do material: talude 2:1

PMAV (m)	4.0
γw (kN/m³)	10.2
cotg(θ)	2.00
N	2
Zc (m)	2.0
Z (m)	-2.5
b (m)	4.0

Tipo de Blocos	γ (kN/m³)	Kd	KΔ	Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada					
							W (kN)	Grad. (tf)		eΔ	t (m)	Wf (kN)	Grad. (tf)		eΔ	t (m)
Calcário denso	24	2.5	1.00				252.60	31.6	18.9	2.19	4.4	25.26	3.2	1.9	1.02	2.0
Betão	24	3.5	1.10	-2.5	6.5	5.07	180.43	18.0		2.15	4.3	18.04	2.3	1.4	0.91	1.8
Betão de alta densidade	32	3.5	1.10				61.02	6.1		1.36	2.7	8.14	1.0	0.6	0.70	1.4

A partir dos valores obtidos, verifica-se a impossibilidade da utilização de blocos de enrocamento natural, devido à necessidade de recorrer a blocos com um peso demasiado elevado. À semelhança do estudo do esporão, considerou-se a utilização de cubos de betão de alta densidade.

Assim, optou-se por uma estrutura composta pelas seguintes camadas: manto resistente com 2 camadas de cubos de betão ($W = 6$ tf) + sub-camada com 2 camadas de blocos de enrocamento ($W = 0.5 - 1.0$ tf) + núcleo em TOT. Uma vez que esta solução terá uma profundidade aproximadamente constante ao longo de toda a sua extensão e, consequentemente, será utilizado um único troço comum com a mesma secção transversal, o custo irá variar linearmente apenas em função do comprimento do quebramar destaca, conforme demonstra a Figura 171. Uma solução com 50 m de comprimento terá um custo de cerca de 700 000 €, uma solução com 100 m de comprimento terá um custo de cerca de 1 400 000 € e uma solução com 150 m de comprimento terá um custo de 2 100 000 €. Dado que o custo associado ao método construtivo de um quebramar destacado é sempre superior ao de um esporão, uma vez que o quebramar destacado não é enraizado na costa, o que implica que seja construído a partir de equipamentos montados em embarcações, ou que seja criada uma plataforma de acesso, que permita a passagem dos equipamentos necessários, mas que deverá ser desmantelada após a sua execução. Assim, estimou-se que o custo de um quebramar destacado, incluindo tanto o custo dos materiais de construção, como o custo do método construtivo associado, seja majorado entre 30 a 50 %.

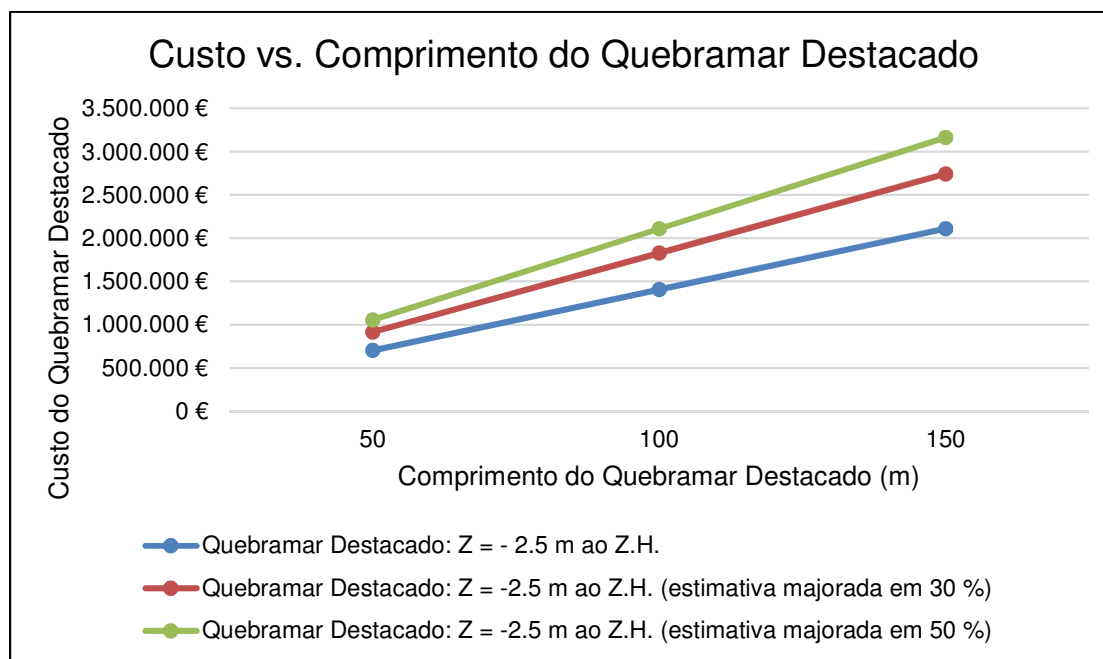


Fig. 171 – Estimativa de custo de um quebramar destacado em função do seu comprimento

Comparando um quebramar destacado à cota de -2.5 m ao Z.H. com 100 m de comprimento, a um esporão com a mesma extensão, que atinge profundidades ligeiramente superiores ($Z = -3.0$ m ao Z.H. para uma solução em “L” e $Z = -3.5$ m ao Z.H. para uma solução em “T”), verifica-se que a estimativa de custo do quebramar destacado será superior (cerca de 2 000 000 €) à do esporão (cerca de 1 500 000 €). O facto do fundo ser em areia será mais um aspeto negativo para solução do quebramar destacado, podendo a sua estabilidade ficar comprometida devido a possíveis infraescavações. O facto da Praia do Pedrógão ser um local de prática da arte xávega, levanta outro problema na opção da solução de um quebramar destacado, uma vez que a execução de uma barreira paralela à praia irá perturbar tanto a navegação das embarcações como das redes.

5.5.4. ARTICULAÇÃO DE SOLUÇÕES

De maneira a potenciar os aspetos positivos das várias soluções de defesa costeira existentes e de minimizar os aspetos negativos, existe a possibilidade de articular diferentes soluções.

Na praia de Cape May Point, situada em Nova Jérсия (costa este dos Estados Unidos da América), onde existe um campo de esporões, foi adicionado um conjunto de quebramares destacados submersos, de modo a confinar os troços de praia entre esporões. Segundo o estudo de monitorização da praia realizado um ano após a implementação dos quebramares destacados por Stauble *et al.* (2005), verificou-se um aumento de volume de areia na praia e a estabilização da linha de costa.

Segundo Carvalho (2016), em Portugal foi realizado um projeto piloto, em fevereiro de 2009, num protocolo entre o INAG e a FEUP, para a execução de quebramares destacados submersos em *geotubos*, de modo a confinar as praias entre o campo de esporões da Costa da Caparica, integrado na intervenção de alimentação artificial de areias prevista para o mesmo ano. A Figura 172 mostra as duas zonas seleccionadas para a implementação desta solução.



Fig. 172 – Costa da Caparica: zonas de intervenção propostas (fonte: Carvalho, 2016)

Segundo Veloso Gomes (2013), a solução proposta consiste na execução de um quebramar destacado submerso composto por 3 segmentos iguais (ED1, ED2 e ED3), com um comprimento total de 200 m cada, e 1 segmento (ED4), com um comprimento total de 180 m, compostos por *geotubos* alinhados com 20 m de comprimento, 3.6 m de largura e 1.3 m de altura, cujo custo (excluindo a colocação dos *geotubos*) seria próximo de 450 000 €. Em 2013, foi realizada nova proposta, semelhante à de 2009, que consiste na execução de um quebramar destacado submerso composto por 2 segmentos iguais (ED1 e ED2), com um comprimento total de 180 m cada, compostos por *geotubos* alinhados com 10 m de comprimento, no troço imediatamente a norte do esporão EC7. No entanto, nenhuma das propostas foi executada.

Situada imediatamente a sul da foz do rio Tejo, a Costa da Caparica beneficia da proteção oferecida pelo Cabo Raso contra a agitação marítima, predominante de N-NW, e dado que a frente marítima está protegida por um campo de esporões, este seria um bom local para testar esta nova solução, onde os danos seriam minimizados em caso de insucesso. Os principais objetivos desta intervenção seriam a estabilização do areal e a obtenção de experiência na utilização de *geotubos* como quebramares destacados submersos na costa portuguesa. Avaliando o sucesso, ou insucesso, desta intervenção, esta solução poderia, ou não, vir a ser aplicada em outras praias da costa oeste portuguesa, mais expostas à agitação marítima.

O sucesso da articulação iria continuar a depender do transporte longitudinal de areias, que no caso do Pedrógão, e das praias a sul da foz do Mondego, é deficitário. Mesmo que, ao longo do tempo, se conseguisse a acumulação de um volume de areia significativo e a estabilização da linha de costa na Praia Central do Pedrógão, os problemas erosivos iriam continuar-se a verificar a sul do promontório, sendo que, possivelmente, seriam agravados.

5.6. ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE AREIAS

As alimentações artificiais de areia são intervenções que estão divididas em três fases: remoção de grandes quantidades de areia de um determinado local (praias a norte de quebramares com retenção de grandes volumes de areia, canais de navegação ou fundos marinhos afastados da costa); transporte da areia removida até ao destino; deposição da areia em local crítico, podendo a sua colocação ser efetuada diretamente na praia ou duna, ou em zona submersa próxima da praia, de modo que a ondulação transporte, posteriormente, a areia para a praia. Esta solução tem como objetivo contrariar os problemas erosivos artificialmente, compensando o défice do transporte sedimentar natural.

Em Portugal, existe alguma experiência em alimentações artificiais de areia. Segundo Veloso Gomes (2016c), o historial de alimentações artificiais de areia é o seguinte: Matosinhos (1 900 000 m³ entre 1993 e 1999); Costa da Caparica (500 000 m³ em 2007, 1 000 000 m³ em 2008, 1 000 000 m³ em 2009 e 1 000 000 m³ em 2014); Vale do Lobo (700 000 m³ em 1998 e 280 000 m³ em 2006), Praia da Rocha (900 000 m³ em 1970 e 100 000 m³ em 1983), Praia do Vau/Três Castelos (400 000 m³ em 1983, 640 000 m³ em 1996 e 510 000 m³ em 1998), Quarteira/Vale do Lobo/Vale do Garrão (1 250 000 m³ em 2010) e Vilamoura/Albufeira (600 000 m³ em 2011). O sucesso destas intervenções depende do nível de exposição energética das praias, e das suas condições locais de “encaixamento”, quer em arribas naturais, quer em campos de esporões artificiais. As praias algarvias, por se localizarem na costa sul de Portugal Continental, e a Costa da Caparica, por se localizar na zona do estuário do Tejo, encontram-se mais protegidas da forte agitação energética verificada ao longo da costa oeste portuguesa. Para todos os exemplos apresentados, as praias encontram-se “encaixadas” quer por barreiras naturais, quer artificiais.

Conforme proposto pelo POC-OMG, a alimentação artificial de areias no Pedrógão, tanto a norte como a sul do promontório, numa ação a executar em diferentes fases até 2027, num investimento total de 21 600 000 €, seria a intervenção ideal para atenuar o processo erosivo verificado. Dada a grandeza dos custos envolvidos e das quantidades de areia necessárias, o POC-OMG propõe, em alternativa, a execução de alimentações artificiais de areia a sul da Foz do Mondego, de modo a compensar os volumes de areia retidos a norte do molhe norte do Porto da Figueira da Foz, repondo os níveis naturais da deriva litoral para o troço entre o Cabedelo (imediatamente a sul da foz do Mondego) e a Praia do Norte (imediatamente a norte do Canhão da Nazaré).

As alimentações artificiais de areia seriam uma boa solução para articular com a execução de um esporão como prolongamento do promontório da Praia do Pedrógão. Do lado norte do promontório, iria permitir uma retenção de volume de areia e consequente estabilização da praia consideravelmente mais rápida do que a espetável de forma natural, considerando o défice do transporte sedimentar existente. Do lado sul do promontório, iria permitir a minimização do impacte da retenção de areia a norte do esporão, que irá acelerar o processo erosivo a sul.

5.7. SISTEMAS DE TRANSPOSIÇÃO SEDIMENTAR DE BARRAS

Outra solução que pode permitir a reposição da deriva sedimentar litoral é a implementação de sistemas que permitam a transposição sedimentar da Barra do Mondego. Em Portugal não existe, ainda, nenhum sistema deste tipo, sendo que o POC-OMG prevê 100 000 € para o estudo de uma solução deste tipo.

Segundo Loza (2008), há referências acerca da implementação de sistemas de transposição de sedimentos por *by-pass* na costa dos Estados Unidos da América, desde o final dos anos 20 do séc. XX. Estes sistemas têm vindo a ser aperfeiçoados desde então e a ser implementados em outros países, como a Austrália, África do Sul ou Japão.

Na foz do rio Nerang, na parte norte da Gold Coast, na costa este da Austrália, existe uma solução de transposição artificial de sedimentos que consiste num sistema *by-pass*. Segundo a Gold Coast Waterways Authority (, este sistema entrou em funcionamento em 1986, sendo o primeiro sistema de transposição artificial de sedimentos por *by-pass* permanente, a nível mundial. Esta solução tem como objetivo a reposição da deriva litoral natural, estimada em 500 000 m³/ano de sul para norte, condicionada pelos molhes da barra do rio Nerang, de modo a evitar o assoreamento da foz do rio, garantindo as condições segurança na navegação. O sistema consiste num pontão com 500 m de comprimento, perpendicular à costa e instalado na praia a sul da barra, onde estão instaladas 10 bombas que captam uma mistura de areia e água, a uma cota de -11 m ao Z.H., e que a conduzem até à praia a norte da barra. Para além da garantia das condições de segurança na navegação do rio, esta solução permitiu uma melhoria na qualidade da água e a estabilização do areal nas praias adjacentes.

Ainda na Austrália, na foz do rio Tweed, a sul da Gold Coast, na costa este da Austrália, existe um sistema semelhante, que está em funcionamento desde maio de 2001. Segundo Dyson *et al.* (2001), esta é uma solução ambientalmente sustentável, que tem como objetivo repor a deriva litoral natural, estimada em 500 000 m³/ano de sul para norte, condicionada pelos molhes da barra do rio Tweed, de modo a manter o areal das praias da Gold Coast, evitando os problemas erosivos anteriormente verificados e, ainda, manter boas condições de navegação, minimizando a formação de bancos de areia submersos na embocadura do rio. A Figura 173 mostra a representação em planta da solução implementada.

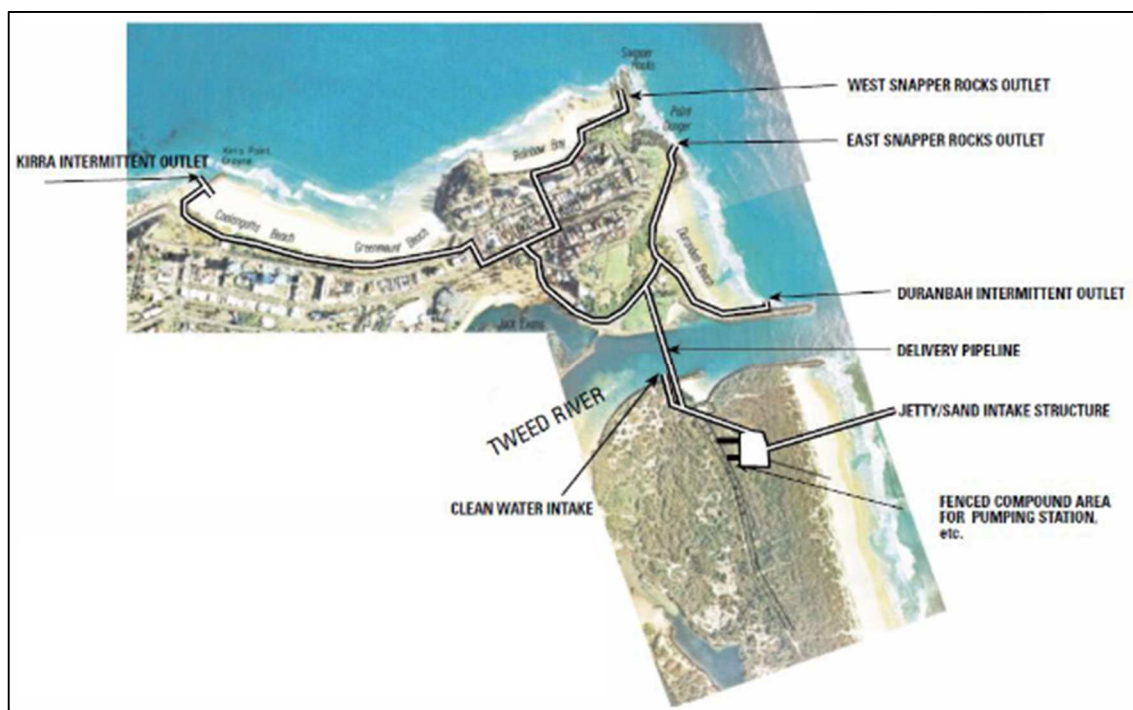


Fig. 173 – Representação esquemática do sistema *by-pass* do rio Tweed (fonte: Acworth a Lawsow, 2011)

Segundo Ware (2016), este sistema *by-pass* consiste num pontão, perpendicular à costa, com 450 m de comprimento que suporta condutas e 10 bombas que captam uma mistura de areia e água do fundo do mar, a sul da foz do rio Tweed. Seguidamente, a mistura de areia e água é canalizada, com recurso a uma câmara de bombagem, do pontão para um sistema de condutas de aço, com 400 mm de diâmetro, que passa por baixo do rio, e que conduz esta mistura até quatro praias diferentes: Durranbah, Snapper Rocks Este, Snapper Rocks Oeste e Kiarra Point. Entre 2001 e 2015, este sistema transportou um total superior a 8 000 000 m³ de areia (com um máximo anual em 2003 próximo dos 800 000 m³/ano), o que se traduz num custo superior a 120 000 000 \$ (aproximadamente 110 000 000 €). Com um custo estimado de 14 \$/m³ (aproximadamente 12.5 €/m³) de areia transportada pelo sistema *by-pass*, durante 15 anos de operação, equiparável ao associado a dragagens de areia, esta solução tem-se revelado um sucesso, não só por reduzir a vulnerabilidade à erosão das praias da Gold Coast, mas também por melhorar as condições de segurança na navegabilidade do rio Tweed.

Na África do Sul existem dois exemplos de soluções deste tipo: no Porto de Durban, na costa este, e no Porto de Ngqura, na costa sul. Segundo a PRDW (2013a), o Porto de Ngqura é o primeiro porto de águas profundas equipado com um sistema de transposição de sedimentos por *by-pass*, com o objetivo de repor a deriva litoral natural, estimada em 200 000 m³/ano, de modo a minimizar problemas erosivos nas praias adjacentes, e de evitar o assoreamento na entrada do porto, de modo a garantir as condições de segurança na navegação. Esta solução, que entrou em funcionamento em 2007, consiste num pontão com 225 m de comprimento, onde estão instaladas 6 bombas que captam uma mistura de areia e água do fundo do mar, e num sistema de condutas que transporta a mistura de areia e água ao longo de 3.4 km, até ao destino final.

No Porto de Durban, para onde se estima uma deriva litoral natural de 600 000 m³/ano, foi considerado um sistema de transposição de sedimentos por *by-pass* em alternativa às dragagens, após estudo realizado em 1993, pela PRDW, que concluiu que esta nova alternativa seria mais eficaz e mais vantajosa economicamente a contrariar o assoreamento na entrada do porto (PRDW 2013b e 2015). Segundo Clive Greyling (Porto de Durban), entre 2008 e 2011 esteve em funcionamento uma solução de *by-pass* provisória que será substituída por uma nova solução de *by-pass*, com maior capacidade de transporte de sedimentos, que já se encontra concluída, estando à espera de ser concessionada para entrar em funcionamento.

Apesar dos custos de investimento elevados associados a este tipo de solução, a longo prazo pode revelar-se vantajoso economicamente, em comparação com as alimentações artificiais de areia. No entanto, antes da implementação de um sistema de transposição artificial de sedimentos por *by-pass* em Portugal, é necessário considerar as diferenças nas condições locais existentes. Para além da forte agitação marítima que afeta, principalmente, a costa ocidental portuguesa, o que implicaria uma estrutura de captação de sedimentos extremamente resistente, há, também, diferenças nas quantidades de sedimentos transportados pela deriva litoral. Segundo o Relatório do GTL (2014), o transporte sedimentar entre o cabo do Mondego, na Figueira da Foz, e a Praia do Norte, na Nazaré, é de 1 100 000 m³/ano, mais do dobro do estimado para a costa este da Austrália, o que implicaria um sistema com maior capacidade. Assim, é expectável que a instalação de um sistema de transposição de sedimentos por *by-pass* na costa oeste portuguesa, devido à necessidade de ser mais resistente à forte agitação marítima verificada e à necessidade de ter maior capacidade de bombagem de sedimentos, implicaria um investimento superior ao verificado nos exemplos apresentados. Ainda assim, tendo em conta que o POC-OMG (2015) propõe um investimento de 68 000 000 € para alimentações artificiais de areia, a realizar até 2027 em praias a sul da Figueira da Foz, até S. Pedro de Moel, um sistema de *by-pass* instalado no Porto da Figueira da Foz poderá ser uma solução, em alternativa, viável e mais eficaz na resolução dos problemas erosivos verificados neste troço da costa portuguesa.

5.8. RELOCALIZAÇÃO DE FRENTES MARÍTIMAS

Quando se verifica a impossibilidade de defender o edificado urbano em zonas marginais por falta de meios necessários para contrariar o avanço do mar, ou quando se conclui que o investimento necessário para o defender não é justificável, a solução será a realocação planeada da frente marítima. Esta solução é sempre controversa, uma vez que a população local mostra, por norma, resistência em abandonar as suas habitações.

Em 2014, segundo o projeto da Polis Litoral Norte, foram demolidas 27 edificações da frente marítima de São Bartolomeu do Mar, concelho de Esposende, que se encontravam em risco. Em abril de 2017, segundo projeto da Polis Litoral Ria Formosa, foram demolidas 23 edificações ilegais na ilha do Farol, concelho de Faro, construídas na faixa de salvaguarda.

Esta é uma medida sugerida na EMAAC Leiria para a Praia do Pedrógão, baseada no facto de que o custo necessário para defender a frente marginal da povoação não compensa o retorno financeiro gerado. Por um lado, o Pedrógão é uma localidade com uma população de pequena dimensão e envelhecida, com falta de infraestruturas que impulsionem a fixação de população jovem, em que o retorno financeiro é difícil de quantificar por se resumir, essencialmente, ao comércio local e arrendamento de apartamentos durante a época balnear. Por outro, é um local que gera uma despesa contínua, que tem vindo a ser agravada nas últimas décadas, com a manutenção da praia que inclui a limpeza da via quando esta fica coberta por areias transportadas eolicamente, ripagens e movimentações de areia de modo a manter o areal, execução de estruturas de defesa costeira, entre outros.

Caso não se consigam criar atrações que mantenham o fluxo turístico durante todo o ano, em vez de apenas durante a época balnear, ou caso não sejam criadas infraestruturas capazes de fixar população jovem, a realocação da frente marítima do Pedrógão poderá ser a solução a adotar para o futuro. O facto de atualmente não ser permitida a construção de edificado novo na frente marginal do Pedrógão é uma medida que contraria a tendência de querer avançar com construções na direção do mar, dado o seu maior valor económico, e uma base para que a implementação desta solução seja possível.

Sendo os “desportos de ondas” uma fonte de riqueza atualmente explorada em toda a costa portuguesa e com grande impacto em praia próximas (Figueira da Foz a norte e Nazaré e Peniche a sul), esta pode ser uma atração a ser equacionada. A construção de um esporão pode ter como consequência secundária a criação de uma zona de rebentação localizada, capaz de criar boas ondas para a prática de *surf* e *bodyboard*, por efeitos de difração e reflexão das ondas. Mesmo sem esta intervenção, o facto da Praia do Pedrógão ser uma praia “aberta”, muito exposta à ação do vento, permite boas condições para a prática de *kitesurf* e *windsurf*, que apesar de não serem modalidades tão atrativas como o *surf*, principalmente, e o *bodyboard*, podem tornar o Pedrógão num ponto de referência, se devidamente apoiadas.

5.9. MONITORIZAÇÃO

Seja qual for a decisão tomada para a Praia do Pedrógão, quer a defender, independentemente do tipo de solução adotada, quer a de um recuo estratégico, a monitorização da praia é uma ação que deverá estar sempre presente. A escolha de qualquer solução a implementar é tanto mais fiável quanto melhor for o conhecimento da praia e das suas tendências de evolução, que apenas é possível com recurso a uma monitorização contínua. O mesmo se aplica para uma boa análise de soluções implementadas, de modo a ser possível compreender qual o seu nível de sucesso, para poder melhorar e adquirir experiência.

Como exemplos de ferramentas de monitorização possíveis há, entre outros, a medição de perfis transversais ou o registo fotográfico, em diferentes pontos das praias. Sendo que para além da monitorização realizada pelas entidades gestoras da costa (APA e autarquias), as universidades, através de estudos académicos, também poderão oferecer um contributo importante.

Segundo noticiado pelo jornal *online* da Universidade de Aveiro (ua_online, 2017), está a ser desenvolvida uma ferramenta de gestão costeira, por uma equipa de investigadores da UA, liderada por Carlos Coelho. Esta ferramenta, apelidada de *Coastal Management Solutions* (COMASO), tem como objetivo identificar as zonas costeiras críticas, fazer uma projeção de cenários de evolução da linha de costa e dimensionar soluções de gestão e planeamento costeiro adequadas a cada situação.

A instalação de uma boia ondógrafo na Figueira da Foz, por exemplo, com funcionamento semelhante à existente em Leixões, também seria útil para perceber de uma forma mais clara como é que a ondulação incide na zona centro da costa ocidental portuguesa. No passado já existiu uma boia ondógrafo na Figueira da Foz, que apesar de não apresentar um sistema tão elaborado como a de Leixões, os seus dados eram utilizados na elaboração de vários projetos.

6. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

6.1. SÍNTESE E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste trabalho permitiu o conhecimento da história da Praia do Pedrógão, através da documentação consultada, de deslocações ao local e do contacto com diversos atores locais.

Permitiu uma análise aprofundada dos diversos documentos existentes acerca da orla costeira de Portugal, no geral, e da Praia do Pedrógão, em particular, de modo a compreender quais as intervenções executadas no passado e quais as perspetivas de novas intervenções a executar no futuro.

Através da pesquisa em Arquivos e de documentação fornecida por entidades diversas, permitiu a perceção da expansão urbana da Praia do Pedrógão, a análise das intervenções executadas com impacte na linha de costa e a análise das intervenções de defesa costeira executadas como resposta aos problemas e riscos verificados.

Permitiu a realização de um estudo acerca da agitação marítima registada durante o inverno 2016/2017, através de dados da boia ondógrafo de Leixões, e a identificação das principais consequências da agitação marítima ao largo, do emagrecimento do areal na Praia do Pedrógão, através de uma monitorização frequente da praia. Através de dados da boia ondógrafo de Leixões, permitiu, ainda, um estudo sobre as alturas de onda expectáveis ao largo da costa ocidental Portuguesa, consoante diferentes períodos de retorno. Com recurso a estudos existentes e a imagens aéreas, permitiu a analisar as possíveis tendências de variações sazonais e interanuais de volumes de areia expectáveis.

Finalmente, identificados os principais problemas verificados na Praia do Pedrógão, resultantes da erosão costeira, permitiu a comparação com diversos casos nacionais e internacionais, avaliando as respetivas soluções adotadas, de modo a propor alternativas de mitigação.

Assim, a realização deste trabalho possibilitou um conhecimento mais aprofundado da gestão da orla costeira e dos principais documentos relacionados em vigor, o contacto com as entidades gestoras da orla costeira e com vários atores locais, a aplicação do método de Goda como análise da agitação marítima, a análise das várias soluções possíveis de aplicar como defesa costeira e a aplicação da fórmula de Hudson no pré-dimensionamento de esporões e quebramares destacados.

6.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

De maneira a dar continuidade a este trabalho, há várias tarefas que poderão vir a ser realizadas.

Em primeiro lugar, seria extremamente útil a realização de um levantamento topo-hidrográfico de modo a perceber, com fiabilidade, qual a situação atual dos fundos marítimos que envolvem a Praia do Pedrógão. A execução deste trabalho será fundamental para a implementação de uma estrutura de defesa costeira, como um esporão ou um quebramar destacado, conforme previsto no POC-OMG e na EMAAC Leiria, respetivamente. Também seria fundamental para a aplicação de modelos matemáticos que permitam avaliar as condições locais de agitação a partir das condições de agitação ao largo. A realização de levantamentos periódicos permitiria avaliar as dinâmicas costeiras.

De modo escolher quais as soluções mais adequadas a executar na Praia do Pedrógão, será necessário continuar a estudar evolução da praia durante os próximos anos, com vista a estabelecer balanços sedimentares, aprofundar os estudos efetuados acerca das intervenções possíveis, devendo as soluções a aplicar ser discutidas entre a autarquia, o Ministério do Ambiente e os atores locais.

As medidas de mitigação a adotar deverão ser executadas de forma a minimizar as consequências em praias pertencentes à mesma subcélula sedimentar (entre o cabo do Mondego, na Figueira da Foz, e a Praia do Norte, na Nazaré), podendo ser necessário adotar medidas de emergência, como já se verificou após as tempestades de 2014.

As intervenções previstas no POC-OMG que venham a ser executadas, devem ser acompanhadas durante e após a sua execução, de modo quantificar o seu sucesso e a adquirir experiência para a escolha e execução de intervenções futuras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abecasis, F. (1997). *Caracterização Geral Geomorfológica e Aluvionar da Costa Continental Portuguesa*. Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, 1997, pp. 9-24, Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto.
- Acworth, C., Lawson, S. (2011). *The Tweed River Entrance Sand Bypassing Project: Ten Years of Managing Operations in a Highly Variable Coastal System*.
- André, J. N., Almeida, A. C. (2016). *Alteração da Linha de Costa Provocada pelas Infraestruturas Portuárias na Foz do Rio Mondego*. Territórios da Água, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Coimbra.
- André, J. N., Cordeiro, M. F. N. (1999). *Percorso Ambiental-Geobotânico da Lagoa da Ervideira a S. Pedro de Moel (Matas Nacionais do Pedrógão e de Leiria)*. Câmara Municipal de Leiria, Associação de Desenvolvimento da Alta Estremadura e LEADER II, Leiria.
- APA (2014). *Projeto de Execução da Intervenção de Emergência para Proteção do Cordão Dunar da Praia do Pedrógão no Troço entre o Casal Ventoso e o Centro Azul*.
- APA – ARH Centro (2012). *Projeto de Execução da Intervenção de Reforço de Dunas e Proteção Marginal na Praia do Pedrógão a Sul do Promontório e Reabilitação de Acessos*.
- Aviso n.º 35/2015/SODPGU, de 3 de julho, Departamento de Planeamento e Gestão Urbanística – Câmara Municipal de Leiria. Leiria.
- Carmo, J. S. A. (2014). *Obras Multifuncionais: Um Novo Conceito de Proteção Costeira*. INGENIUM N°141, maio-junho 2014, pp. 44-45.
- Carvalho, J. D. (2016). *Estruturas Destacadas de Defesa Costeira. Aplicações com Cilindros Geossintéticos*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- CEM (2006). *Costal Engineering Manual, Part IV, Chapter 5 – Fundamentals of Design*. US Army Corps of Engineers.
- Correia, F. N. (2014). *O Valor Económico do Litoral Português: Dos Planos de Ordenamento da Orla Costeira ao Programa Operacional de Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos 2014-2020*. INGENIUM N°141, maio-junho 2014, pp. 26-28.
- Cunha, P. P., Silva, A. F., André, J. N., Cabral, M. C. (1997). *Considerações sobre a Evolução do Litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré*. Colectânea de Ideias sobre a Zona Costeira de Portugal, 1997, pp. 489-502, Associação EUROCOAST-PORTUGAL, Porto.
- Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio, Diário da República n.º 93/2015 – I Série, pp. 2469-2512, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Lisboa.
- Despacho n.º 22400/2009, de 9 de outubro, Diário da República n.º 196/2009 – II Série, pp. 40917-40918, Secretário de Estado do Ordenamento do Território e das Cidades – Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.
- Despacho n.º 7170/2010, de 23 de abril, Diário da República n.º 79/2010 – II Série, pp. 21608-21609, Secretário de Estado do Ordenamento do Território e das Cidades – Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.
- Despacho n.º 6574/2014, de 20 de maio, Diário da República n.º 96/2014 – II Série, pp. 13042-13043, Secretário de Estado do Ambiente – Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, Lisboa.

Despacho n.º 3839/2015, de 17 de abril, Diário da República n.º 75/2015 – II Série, pp. 9341-9342, Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia – Gabinete do Secretário de Estado do Ambiente, Lisboa.

Despacho n.º 19212/2015, de 3 de agosto, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional, Lisboa.

Dyson, A., Vitory, S., Connor, T. (2001). *Sand Bypassing the Tweed River Entrance: An Overview*.

EMAAC Leiria (2017). *Estratégia Municipal de Adaptação às Alterações Climáticas*. ClimAdaPT.Local e Câmara Municipal de Leiria, Leiria.

Fava, J. (1984). *Estudo Preliminar para o P.G.U. do Pedrógão*. José Fava Ida. Arquitetos. Leiria.

Gold Coast Waterways Authority. *The Sand By-pass: Fact Sheet*. Queensland Government.

Gomes, S. A. (2009). *Notícias e Memórias Paroquiais Setecentistas – 8. Leiria*. Centro de História da Sociedade e da Cultura – Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra e Palimage, Coimbra.

Lopes, A. M. (2003). *Relatório sobre a Obra de Proteção da Arriba da Praia de Pedrogão / Praia Sul*. Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente.

Loza, P. (2008). *Sand Bypassing Systems*. Dissertação de Mestrado. FEUP.

Ministério do Ambiente (2016). *Orçamento de Estado 2016 – Nota Síntese*. Gabinete do Ministério do Ambiente, Lisboa.

Nogueira, A. I. (2006). *Praia de Pedrógão: Locais, Gentes e Memórias*. Magno Edições, Leiria.

Oh, Y.I., Shim, E. C. (2006). *Using Submerged Geotextile Tubes in the Protection of the E. Korean Shore*. Coastal Engineering, pp. 879-895.

Parrado, M. (2014). *Entrevista: Jorge Moreira da Silva*. INGENIUM N.º141, maio-junho 2014, pp. 56-61.

PAPVL 2012-2015 (2012). *Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral 2012-2015*. APA e Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território, Lisboa.

Pita, C. (1986). *Memória N.º 670: Dimensionamento Hidráulico do Manto de Quebra-mares de Talude*. LNEC. Lisboa.

POC-OMG (2015). *Programa de Orla Costeira Ovar – Marinha Grande: Programa de Execução e Plano de Financiamento*. APA, CEDRU e Universidade de Aveiro.

PRDW (2013a). *Port of Ngqura: Sand Bypass System*. Cape Town.

PRDW (2013b). *Port of Durban: Sand Bypassing*. Cape Town.

PRDW (2015). *Durban Harbour Entrance Widening: Durban Sand Bypass: A – Berth*. Cape Town.

Relatório do GTL (2014). *Gestão da Zona Costeira: O Desafio da Mudança*.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 142/2000, de 20 de outubro, Diário da República n.º 243/2000 – I Série – B, pp. 5937-5962, Presidência do Conselho de Ministros, Lisboa.

Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009, de 8 de setembro, Diário da República n.º 174/2009, I Série, pp. 6056-6088, Presidência do Conselho de Ministros, Lisboa.

Santos, G. M. (2012). *Plano de Ação de Proteção e Valorização do Litoral (PAPVL) 2012-2015*. Sustain – Conferência Nacional, 14 de dezembro de 2012, Lisboa.

SPM (1984). *Shore Protection Manual*. US Army Corps of Engineers e Coastal Engineering Research Center (U.S.).

Stauble, D. K., Wise, R. A., Smith, J. B., (2005). *Monitoring of Beachsaver Reef with Filter Blanket and Double-T Sill at Cape May Point, New Jersey, Section 227 Demonstration Site: First Year Monitoring – 2002-2003*. National Shoreline Erosion Control Development and Demonstration Program, julho 2005, US Army Corps of Engineers, Filadélfia.

Ware, D. (2016): *Tweed River Entrance Sand Bypass Project. Case Study for CoastAdapt*, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast.

Veloso Gomes, F. (2001). *Projeto de Um Esporão na Praia de Vieira de Leiria*. INAG e FEUP, Porto.

Veloso Gomes, F. (2003). *Proteção da Arriba de Pedrógão – Sul: Parecer*. Protocolo FEUP / INAG Zonas Costeiras, Porto.

Veloso Gomes, F. (2010). *Empreitada de Extensão do Quebramar Norte do Porto da Figueira da Foz – Ocorrência: 20 / 21 outubro 2009*. IHRH e FEUP, Porto.

Veloso Gomes, F. (2013). *Projeto das Intervenções em 2013 para o Troço Costa da Caparica/Cova do Vapor*. Protocolo FEUP/INAG, Porto.

Veloso Gomes, F. (2016a). *Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira em Portugal: Uma Avaliação Preliminar*. II Congresso Ibero Americano de Gestão Integrada de Áreas Litorais, maio 2016, Florianópolis.

Veloso Gomes, F. (2016b). *Novas Formas de Proteção e Engenharia Costeira*. Trabalhos Marítimos I, FEUP, Porto.

Veloso Gomes, F. (2016c). *Intervenções e Estruturas de Defesa Costeira*. Trabalhos Marítimos I, FEUP, Porto.

Veloso Gomes, F., Barroco, A., Pereira, A. R., Reis, C. S., Calaso, H., Ferreira, J. G., Freitas, M. C., Biscoito, M. (2006). *Bases para a Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira Nacional*., 23 de janeiro de 2006.

Veloso Gomes, F., Silva, R. F. (2014). *Modelação de Dados da Agitação Marítima Registada pela Bóia Ondógrafo de Leixões (Relatório Interno)*. IHRH e FEUP, Porto.

A Terceira Dimensão (2012). *Figueira da Foz*.

<http://portugalfotografiaaerea.blogspot.pt/2012/04/figueira-da-foz.html>. 14 de junho de 2017.

Achill Island Tourism (2017). *Achill's New Beach – Dooagh Beach Born Again*.

<http://achilltourism.com/achills-new-beach-sand-returns-to-dooagh-beach/>. 18 de maio de 2017.

APA (2017a). *Planos de Ordenamento da Orla Costeira*.

<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=94>. fevereiro e março de 2017.

APA (2017b). *POOC Ovar – Marinha Grande*.

<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=x193>. fevereiro e março de 2017.

APA (2017c). *Programas da Orla Costeira*.

<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=7&sub2ref=10&sub3ref=1193>. fevereiro e março de 2017.

APA (2017d). *Programa para a Orla Costeira Ovar-Marinha Grande (POC-OMG)*.

<https://www.apambiente.pt/index.php?ref=x220>. fevereiro e março de 2017.

D.G. Território (2016). *Levantamento cartográfico das zonas costeiras de Portugal continental*.

<http://mapas.dgterritorio.pt/lidar/>. maio de 2017.

Instituto Hidrográfico (2017a). *Bóias Ondógrafo*.

<http://www.hidrografico.pt/boias-ondografo.php>. dezembro de 2016 a junho de 2017.

Instituto Hidrográfico (2017b). *Presvisão de Marés – Portugal*.

<http://www.hidrografico.pt/previsao-mares.php>. dezembro de 2016 a junho de 2017.

Instituto Hidrográfico (2017c). *Previsão Operacional para Atlântico Norte*.

<http://www.hidrografico.pt/previsao-oceano-atlantico.php>. dezembro de 2016 a junho de 2017.

Instituto Hidrográfico (2017d). *Previsão Operacional para Portugal Continental*.

<http://www.hidrografico.pt/previsao-portugal-continental.php>. dezembro de 2016 a de junho 2017.

Portal de Informação Geográfica da CM Leiria (2017). *Plano Diretor Municipal de Leiria*.

http://212.18.175.54/MuniSIGInter/Html5Viewer/index.html?viewer=PDM2015.Plano_Diretor_Municipal_de_Leiria. abril e maio de 2017.

ua_online (2017). *DECivil desenvolve ferramenta para gerir os problemas da erosão costeira*.

<https://uaonline.ua.pt/pub/detail.asp?c=49269&lg=pt>. 7 de fevereiro de 2017.

ANEXO I

PERCEÇÃO DE ELEMENTOS DA POPULAÇÃO

NOTA INTRODUTÓRIA

Este anexo pretende resumir a perspetiva de diversos atores locais, de diferentes faixas etárias, com diferentes ocupações e ligações a Pedrógão, quer residentes em Pedrógão, quer utentes da praia. O objetivo é aumentar a perceção acerca do enquadramento histórico da Praia do Pedrógão, qual a evolução a linha de costa, qual a opinião acerca das intervenções executadas e que intervenções poderão vir a ser realizadas, recorrendo à experiência tanto de quem usufrui da praia como de quem a gere.

SR. CAMILO BARATA

Idade: 60-65 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: residente (junto ao Mercado); personalidade influente em Pedrógão

Perspetiva:

- Arte xávega sempre foi uma tradição local importante;
- Pedrógão é uma localidade pequena, com poucos habitantes, que vive essencialmente da pesca, dos poucos cafés/bares existentes e do arrendamento de apartamentos durante a época balnear;
- Comunidade do Pedrógão nunca teve um líder em particular, propostas (de qualquer natureza) são sempre debatidas em grupo, sendo que dificilmente as opiniões são consensuais;
- Qualquer intervenção que tenha sido realizada é criticada à partida, pela população local, mesmo sem muitos conhecimentos sobre a matéria (exemplo da estrutura aderente da praia sul);
- Areal na praia tem diminuído significativamente ao longo do tempo;
- Falta de areia na praia, junto à parte norte do promontório, é situação normal durante os invernos, que é naturalmente reposta durante a primavera.

Outros contributos:

- Explicação e indicação de livros diversos acerca da história da Praia do Pedrógão;
- Indicação de projetos previstos para o Pedrógão: Casino que esteve previsto mas nunca foi executado, planos de urbanização, plantas de pormenor;
- Indicação de pessoas com ligações a Pedrógão.

DR. GASTÃO AIRES DAS NEVES

Idade: 40-45 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: residência de férias (frente marginal na praia central); foi presidente da antiga Sociedade de Defesa e Propaganda do Pedrógão; ex-vereador da CM Leiria

Perspetiva:

- Companhas do Pedrógão sempre foram das mais importantes da região;
- Houve um grande desenvolvimento durante os anos 40/50 (eletrificação, saneamento, grande crescimento imobiliário, construção do mercado e parque de campismo), que estagnou após esta época;
- Pedrógão nunca foi prioridade para a CM Leiria (poucos habitantes, poucos votos).
- Crescimento imobiliário foi feito sem planeamento e não foram criadas infraestruturas capazes de atrair utentes na atualidade (exemplo dos filhos que mostram cada vez menos interesse no Pedrógão, por falta de atividades);
- Perceção de que atualmente o Pedrógão é um local pouco atrativo para o setor da Construção, devido à falta de planeamento (uma reformulação do planeamento do Pedrógão exigiria um grande investimento) e à pouca recessividade a intervenções novas da população local. Reformulação do Plano de Urbanização poderia ajudar a situação.
- Sociedade de Defesa e Propaganda organizava eventos culturais e sociais (especialmente para uma “elite social” do Pedrógão);
- Diminuição do areal ao longo dos anos;
- Ideia de que o fenómeno de falta de areia junto à parte norte do promontório era situação esporádica, passando a ser fenómeno vulgar dos invernos nos últimos 10 anos;
- Preocupação com o possível recuo da frente marginal da praia (proprietário de residência na zona mais próxima do areal).

Outros contributos:

- Explicação e indicação de livros acerca da história e posições políticas sobre o Pedrógão;
- Indicação de pessoas com ligação a Pedrógão.

ARQ.º JOSÉ FAVA

Idade: 70-75 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: arquiteto responsável pelo Plano de Urbanização da Praia do Pedrógão e Plano do Parque de Campismo Municipal do Pedrógão executados entre 1976-77 (GAT Leiria); frequenta a praia sazonalmente

Perspetiva:

- Parque de Campismo Municipal do Pedrógão foi criado com o objetivo de disciplinar o campismo selvagem. O plano original foi executado, tendo sido alvo de ligeiras evoluções;
- O Plano de Urbanização da Praia do Pedrógão deveria ter sido executado em duas fases: a 1ª fase consistia num Estudo Prévio para ir a discussão pública e na 2ª fase seria executado o Plano de Urbanização final. No entanto, o Estudo Prévio não foi a discussão pública, tendo sido aprovado pela CM Leiria como Plano de Urbanização final, sem ser executada a 2ª fase;

- Nos últimos anos, a CM Leiria tem feito algumas propostas para dinamizar o Pedrógão que têm sido rejeitadas pelo ICNF, por não ser autorizado a construção em terrenos das Matas Nacionais (exemplos: campo de golfe e hipódromo);
- Contra a proibição de construir em terrenos das Matas Nacionais: as intervenções podem ter o mesmo efeito dos pinhais em termos de proteção contra o avanço do mar, mantendo um bom impacto paisagístico e proporcionando uma nova dinâmica para o Pedrógão;
- Dimensão do areal tem variado ao longo dos anos, não havendo uma tendência clara de um emagrecimento da praia.

Outros contributos:

- Indicação de pessoas com ligação a Pedrógão;
- Indicação de projetos diversos para Pedrógão.

ENG.^a MARGARIDA MORAIS

Idade: 40-45 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: residente no Coimbrão; deslocações frequentes à praia; Chefe da Divisão de Ambiente da CM Leiria

Perspetiva:

- Comparando com outros casos a nível nacional (especialmente no norte do País), o Pedrógão não é dos mais críticos, apesar dos problemas de erosão existentes;
- Areal da Praia do Pedrógão tem variado muito ao longo dos anos: há anos em que a quantidade de areia removida da praia durante o inverno é reposta na totalidade, ou quase, naturalmente; há anos em que é necessário intervir, com recurso a maquinaria, e modo a preparar o areal para a época balnear;
- 2014 foi um ano crítico (Tempestade Hércules): verificou-se mais erosão do que o habitual; mar atingiu e danificou a rotunda norte, apoios de praia e passadiços e a marginal esteve em risco;
- Danos sofridos em 2014 obrigaram a intervenção de emergência, dividida em duas fases: ripagens de areia para proteção provisória e intervenção definitiva. A intervenção foi executada ao longo de 2014, tendo sido interrompida durante o mês de agosto para não comprometer a época balnear. Foi a CM Leiria quem tomou conta da ocorrência, tendo sido utilizado o Fundo para Proteção de Ambientes Hídricos da APA. A intervenção teve um custo total de 625 930 €;
- A intervenção realizada em 2015 na Praia Sul teve como principal objetivo proteger o emissário submarino que se encontrava em risco, podendo levar a graves danos ambientais. Esta intervenção foi introduzida na revisão do POOC, aparecendo como prevista no POC. A entidade responsável pela intervenção foi a APA. A intervenção teve um custo total de cerca de 400 000 €;
- Ainda não existe uma previsão para a entrada em vigor do novo POC;
- Não havendo ainda certezas do que será aprovado pelo POC, alimentações artificiais de areia de praia a praia deverão ser feitas, aliadas à construção de quebramares destacados, em vez da construção do esporão, de modo a minimizar problemas de erosão a sul;

- Recentemente (antes da Páscoa) ficou decidido que todas as entidades responsáveis pela gestão da orla costeira a nível nacional (ARHs, Capitánias, CMs) irão ter um formulário único para identificação de problemas. O objetivo é uniformizar a gestão da orla costeira a nível nacional.

Outros contributos:

- Explicação acerca do papel da Divisão do Ambiente da CM Leiria nas intervenções na Praia do Pedrógão e da relação com a APA.

DR. PAULO PEDRO

Idade: 45-50 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: ex-Presidente da Junta de Freguesia do Coimbrão; residente no Coimbrão; deslocações frequentes à praia

Perspetiva:

- Principal causa dos problemas erosivos sentidos na zona costeira da região devem-se ao défice sedimentar causado pela ação humana: construção de barragens e principalmente a exploração do Porto da Figueira da Foz;
- Aumento do nível médio das águas do mar ainda não terá grande impacto na atualidade, mas no futuro poderá vir a ser uma agravante perigosa, não só para as povoações costeiras, mas também para povoações mais interiores (ex.: Coimbrão);
- Promontório existente na Praia do Pedrógão, tal como os esporões existentes entre a Cova Gala e Leirosa, é o que impede que o mar avance sobre estas povoações. Caso não existissem estes sistemas de defesa, as povoações já não existiriam;
- Na altura em que foi Presidente da Junta de Freguesia do Coimbrão, pediu dados relativos às dragagens de areia do Porto da Figueira da Foz, a fim de calcular qual o impacto que teria a deposição dessa areia nas praias a sul. As quantidades de areias dragadas do Porto da Figueira da Foz e que foram vendidas para efeitos de construção civil (apesar de acreditar que os dados fornecidos pelo Porto da Figueira da Foz mostrarem quantidades de areia inferiores às que realmente foram dragadas), caso tivessem sido usadas para alimentar as praias a sul, poderiam ter atenuado bastante os problemas erosivos verificados atualmente, desde o Cabedelo até S. Pedro de Moel;
- Enquanto foi Presidente da Junta de Freguesia do Coimbrão, havia dificuldades no entendimento com o Porto da Figueira da Foz e autarquia Figueira da Foz também não mostrava grande apoio a iniciativas de proteção costeira das praias a sul, uma vez que a praia da Figueira mantinha um areal estável. Mais recentemente, com o excesso de areia acumulado na praia da Figueira, a autarquia da Figueira da Foz já passou a apoiar e promover soluções;
- Acredita que, uma vez se decidiu apostar no Porto da Figueira da Foz e que este é benéfico economicamente, a implementação um sistema *by-pass* será importante para atenuar o défice sedimentar das praias a sul e que é nesse sentido que se deve trabalhar;
- Não está totalmente de acordo com algumas intervenções executadas pela APA e/ou na forma como foram executadas;
- POOC tem muitas imposições para as autarquias (com as quais concorda no sentido de proteger a orla costeira) mas dá demasiada liberdade aos Portos. Esta diferenciação descredibiliza o plano;

- ETAR do Pedrógão foi construída a sul do Pedrógão, imediatamente após a duna primeira, com o objetivo de impedir a expansão do crescimento imobiliário nesta direção. Apesar de perceber esta razão, não concorda com a localização da ETAR uma vez que, com o agravamento dos problemas erosivos, esta se encontra em zona de risco e havia outras formas de limitar a expansão imobiliária;
- Frente marítima do Pedrógão encontra-se em risco. Como prevenção, foi impedida a construção de habitações novas e limitada a autorização de reconstruções/remodelações, na faixa mais próxima da praia. Ainda assim, esta medida não será suficiente para acompanhar o agravamento dos problemas erosivos e a realocação da frente marginal do Pedrógão será difícil de evitar;
- Há uma diminuição do areal na praia ao longo dos últimos anos. Há 30 anos era possível, na baixa-mar, passar Praia Central para a Praia Sul contornando o promontório pela praia, tal era a extensão do areal;
- Apesar de este ano não (2016/2017) ser o mais gravoso, a quantidade de areia removida da praia, junto à parte norte do promontório, tem sido habitual nos últimos anos.

Outros contributos:

- Indicação de pessoas com ligação a Pedrógão.

SR. ANTÓNIO QUIAIOS

Idade: 70-75 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: residente (junto à escola primária), líder de companhia da Praia do Pedrógão

Perspetiva:

- A povoação do Pedrógão começou com a fixação de Guardas Fiscais da zona da Leirosa, por motivos de negócios;
- A povoação começou apenas na atual zona central, crescendo primeiro para a zona do Casal Ventoso e só depois para sul;
- Atualmente existem 2 companhias no Pedrógão, cada uma com 1 barco. Os barcos têm motor e as redes são puxadas por tratores, contrariamente ao verificado no passado, em que os barcos, que transportavam cerca de 40 homens, eram movidos a remos e as redes puxadas por bois;
- Nos anos 40-50 as pessoas do Pedrógão viviam da pesca e da extração de “pedrulho”;
- O “pedrulho” consiste em calhau arredondado de pequena dimensão (diâmetro aproximadamente de 5 cm) que era extraído, durante a baixa-mar, da zona do promontório e usado nas estradas construídas na zona das matas nacionais;
- Até aos anos 60, Pedrógão tinha condições muito precárias, à semelhança das restantes pequenas povoações em Portugal;
- A falta de areia na Praia do Pedrógão deve-se à Figueira da Foz;
- Na última década tem sido frequente a CM Leiria recorrer a máquinas para fazer ripagens de areia de modo a preparar a praia para a época balnear;
- Apesar de raro, em algumas ocasiões ainda é possível contornar o promontório pelo areal, durante a baixa-mar;

Outros contributos:

- Indicação de pessoas com ligação a Pedrógão;
- Explicação e indicação de livro acerca da história da Praia do Pedrógão e Arte Xávega.

SR. VENTURA TOMAZ

Idade: 50-55 anos

Ligação à Praia do Pedrógão: Presidente da Junta de Freguesia do Coimbrão; residente no Coimbrão; deslocações frequentes à praia durante todo o ano

Perspetiva:

- Praia está a afundar, com os taludes de areia na fronteira com a rua marginal a ficarem cada vez mais inclinados;
- No passado (por volta dos anos 60), o mar já chegou mais perto da marginal do que no presente, sendo perceptível uma dinâmica sedimentar a longo prazo;
- Nos últimos anos o mar tem avançado sobre a costa e há necessidade de intervir;
- Caso a defesa do Pedrógão se demonstre insustentável, a realocação da frente marítima será o caminho a seguir;
- Nos últimos anos a Praia Norte não tem sido tão afetada pelo transporte eólico de areias, que interditava várias vezes a circulação automóvel. A diminuição do transporte eólico de areias deve-se à diminuição das dunas adjacentes;
- A APA é quem tem maior experiência a nível nacional sobre proteção costeira e acredita que as intervenções executadas (*geobags* na Praia Norte e estrutura aderente na Praia Sul), apesar das desvantagens associadas, terão sido as melhores soluções. No entanto, em alguns casos, pode ter havido falhas na execução (exemplo: estrutura que desabou na zona da foz do ribeiro);
- A nível nacional o Pedrógão não é dos casos mais graves;
- É importante fazer estudos académicos (medições de taludes da praia, ensaios em laboratórios, acompanhamento fotográfico, etc.) de modo a perceber a evolução da praia e poder decidir quais as melhores soluções a implementar;
- Principal causa de agravamento da erosão costeira dos últimos anos será a quantidade de areia retida a norte do molhe do Porto da Figueira da Foz (barragens também terão influência, mas com menor impacto), sendo que esta areia é a que falta nas praias a sul;
- No futuro, a solução pode passar pela diminuição dos molhes do Porto da Figueira da Foz (o que será pouco provável devido ao investimento realizado e à importância económica do porto) ou por novas soluções como é o caso dos sistemas *by-pass*.

Outros contributos:

- Indicação de pessoas com ligação ao Pedrógão.

ANEXO II
TABELAS-RESUMO DE AÇÕES
PREVISTAS/EXECUTADAS PARA A
PRAIA DO PEDRÓGÃO

Quadro 32 – Intervenções previstas/executadas no POOC Ovar - Marinha Grande e PAPVL 2012-2015 para a Praia do Pedrógão, junho de 2012

Tipologia da Intervenção	Entidade Responsável	Concelho	Ação	Investimento		Prioridade	Observações	Situação Atual (junho de 2017)
				Previsto	Executado (junho de 2012)			
Defesa Costeira e Zonas de Risco	APA ARH Centro	Leiria	P1-8: Reforço de dunas e proteção marginal na Praia do Pedrógão a sul do promontório e reabilitação de acesos	400 000.00 €	- €	Máxima	Forte erosão a sul do promontório, com diminuição da duna e risco de galgamento perigando infraestruturas	Executado em 2015
Estudos, Gestão e Monitorização	APA	Todos os Concelhos do Litoral	P2-1: Sistema Nacional de Informação e Monitorização do Litoral	3 906 196.81 €	- €	Elevada	"Cobertura Aerofotográfica, desenvolvimento de modelo digital de terreno, produção de ortofotos e cartografia na faixa costeira Continental" em elaboração: - Cobertura aerofotográfica concluída em 2008 - Início dos trabalhos de cartografia MDT e ortofotomapas em Maia de 2011 e conclusão prevista para final de 2012	?
	IGP EPRL APA CCR ICNB DGOTDU	Todos os Concelhos do Litoral	P2-2: Elaboração de SIG de apoio a ações sobre reposição da legalidade em toda a costa continental	3 397 106.15 €	- €	Elevada	Em implementação	?
	IGP EPRL APA CCR ICNB	Todos os Concelhos do Litoral	P2-3: Estudo da evolução e dinâmica costeira	180 000.00 €	- €	Elevada	Contribuem para a concretização desta ação: A-PNC.2, A-PNC.3, A-PNC.4, A-PNC.5, A-PNC.6, A-PNC.14, A-PNC.16, A-PNC.17, A-PNC.20 e A-PNC.24	?
	APA	Todos os Concelhos do Litoral	P2-4: Medidas da ENGZIC: M6 - promover a gestão integrada dos recursos minerais; M17 - identificar e caracterizar as áreas de risco e vulneráveis e tipificar mecanismos de salvaguarda; M8 - (re)avaliar a necessidade de intervenções pesadas de defesa costeira através da aplicação de modelos multicritério; assessoria técnica	370 750.00 €	- €	Elevada	-	?
	APA ARHs	Todos os Concelhos do Litoral	P2-5: Desenvolver um programa de informação e sensibilização sobre a zona costeira	800 000.00 €	- €	Média	Calendarização a definir	?

	APA ARH Centro	Todos os Concelhos do Litoral (Centro)	P2-10: Avaliação e acompanhamento de situações de risco	150 000.00 €	- €	Máxima	-	?
Planos de Intervenção e Projetos de Requalificação	CM Leiria	Leiria	P3-19: UOPG da frente marítima de Pedrógão - Leiria	30 000.00 €	- €	Elevada	Substitui OMB.3. Responsável pela elaboração CM Leiria. Em execução	Não executado
	APA ARH Centro	Leiria	P3-20: Núcleo de educação de Pedrógão - Leiria	300 000.00 €	- €	Média	Execução prevista em 2012	Não executado Como alternativa, existe uma equipa da Divisão do Ambiente da CM Leiria que promove atividades na praia, no âmbito da educação ambiental, durante a época balnear

Quadro 33 – Outras intervenções previstas/executadas no POOC Ovar - Marinha Grande para a Praia do Pedrógão, outubro de 2000

Entidade Responsável	Concelho	Ação	Investimento Executado	Prioridade	Observações	Situação Atual (junho de 2017)
CM Leiria	Leiria	Construção da ETAR do Pedrógão	?	Obra prevista	Concessão à CM Leiria em 1993	Em funcionamento, a cargo da AdCL
APA ARH Centro	Leiria	Construção de um esporão no promontório (E.25)	- €	Obra Prioritária	Previsto no Plano de Intervenções e Elementos Complementares do POOC Ovar - Marinha Grande de abril de 1998. Não previsto na Planta Síntese do POOC Ovar - Marinha Grande final	Não executado Previsto no POC-OMG, a executar em 2016
APA ARH Centro	Leiria	Construção de um esporão a sul da Praia Sul	- €	Obra Proposta	Previsto no Plano de Intervenções e Elementos Complementares do POOC Ovar - Marinha Grande de abril de 1998. Não previsto na Planta Síntese do POOC Ovar - Marinha Grande final	Não executado Não está previsto no POC-OMG

Quadro 34 – Intervenções de emergência não previstas executadas/a executar na Praia do Pedrógão

Tipologia da Intervenção	Entidade Responsável	Concelho	Ação	Investimento Executado	Prioridade	Observações	Situação Atual (junho de 2017)
Intervenção de Emergência para Proteção do Cordão Dunar da Praia do Pedrógão	APA ARH Centro	Leiria	Construção de uma estrutura de <i>geobags</i> na Praia Norte: Troço do Casal Ventoso	625 930.00 €	Intervenção de Emergência	Executado após tempestades severas durante o inverno de 2013/2014. Intervenção executada sem implicações para a época balnear.	Executado em 2014
	APA ARH Centro	Leiria	Reconstituição do cordão dunar na Praia Norte: Troço Intermédio				Executado em 2014
	APA ARH Centro	Leiria	Construção de uma estrutura aderente a sul do Casal Ventoso: Troço do Centro Azul				Executado em 2014
?	APA ARH Centro	Leiria	Reabilitação da estrutura aderente a sul do Casal Ventoso (a partir da Foz do ribeiro)	- €	Máxima	Troço da estrutura aderente existente desabou, na zona da foz do ribeiro, devido às tempestades do Inverno 2016/2017. Intervenção a executar com urgência, de modo a estar concluída antes do início da época balnear de 2017.	Decisão de avançar com o projeto a 06/03/2017. A executar assim que projeto seja aprovado

Quadro 35 – Intervenções previstas no POC-OMG para a Praia do Pedrógão, outubro de 2015

Objetivo Estratégico	Entidades Envolvidas	Concelho	Ação	Investimento Previsto	Prioridade	Linha Estratégica	Calendarização da Execução
Valorização	APA	Leiria	A38 - Plano de Intervenção na Praia do Pedrógão	17 150.00 €	Média	L21 - Valorização e qualificação das praias estratégicas, reforçando a sua importância enquanto recurso natural, social e económico	2016-2017
	APA	Leiria	A52 - Plano de Intervenção na Praia Pedrógão Sul	28 125.00 €	Média	L21 - Valorização e qualificação das praias estratégicas, reforçando a sua importância enquanto recurso natural, social e económico	2018
	CM Leiria	Leiria	A74 - Projeto de Execução da "Requalificação da Frente Marítima da Praia do Pedrógão"	2 260 000.00 €	Baixa	L22 - Qualificação e ordenamento das frentes marítimas, conjugando a fruição urbana com a mitigação dos efeitos dos galgamentos e do avanço das águas do mar	2018-2027
Proteção	APA	Leiria	A143 - Reabilitação e Manutenção da Defesa Aderente DA18	100 000.00 €	Elevada	L31 - Manutenção da integridade da linha de costa antecipando a resposta aos problemas emergentes	2016-2027
	APA	Leiria	A154 - Reforço do Cordão Dunar a Sul do Promontório	100 000.00 €	Média	L31 - Manutenção da integridade da linha de costa antecipando a resposta aos problemas emergentes	2016-2017
	APA	Leiria	A169 - Alimentação Artificial de Areias - Frente Urbana, a Norte e Sul do Promontório	21 600 000.00 €	Elevada	L31 - Manutenção da integridade da linha de costa antecipando a resposta aos problemas emergentes	2017-2027 A alimentação artificial de areias poderá não ser executada diretamente na Praia do Pedrógão, podendo beneficiar de alimentações artificiais de areia a sul da Figueira da Foz
	APA	Leiria	A175 - Construção de um Esporão Mergulhante Localizado no Promontório	720 000.00 €	Média	L31 - Manutenção da integridade da linha de costa antecipando a resposta aos problemas emergentes	2016
Desenvolvimento	CM Leiria	Leiria	A194 - Acesso à Arte Xávega	20 000.00 €	Média	L41 - Criação de condições promotoras do desenvolvimento da atividade piscatória costeira	2017 Projeto concluído, à espera de aprovação para ser executado

Quadro 36 – Intervenções propostas no EMAAC Leiria para a Praia do Pedrógão, fevereiro de 2017

Âmbito	Entidades Envolvidas	Concelho	Ação	Avaliação de Prioridade (de 1 a 5)	Objetivo	Calendarização da Execução
Melhorar a Capacidade Adaptativa	DIDEA DIJEB	Leiria	Elaborar um programa de educação, sensibilização e informação pública sobre alterações climáticas, extensível aos vários setores	3.94	Promoção e implementação de um projeto de sensibilização no que concerne às alterações climáticas transversal aos vários setores de forma a melhorar o conhecimento sobre o tema; assegurar processos participativos com a comunidade científica e da sociedade civil; apostar na consciencialização das autoridades locais no que respeita ao seu papel e benefícios de ação; promover ações que possam dar uma visão estratégica e perspetiva alargada sobre o tema.	2017
Melhorar a Capacidade Adaptativa	DIDEA	Leiria	Monitorizar a EMAAC (atualização contínua do PIC-L, revisão de objetivos e riscos)	3.79	Responder à necessidade de ter uma estratégia de longo prazo que enquadre a temática da adaptação às alterações climáticas no Município; desenvolver e detalhar uma abordagem municipal partilhada por todos e que permita visitar e avaliar as escolhas feitas em 2015; garantir a manutenção de um registo atualizado sobre eventos climáticos, impactos, consequências e respostas dadas pelo Município, tanto pela importância no presente como no futuro; aumentar o nível de conhecimento sobre eventos climáticos no Município; criar uma aplicação interativa onde se possa registar os fenómenos e que possibilite a participação dos cidadãos.	2017-2027
Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	CM Leiria APA ARH Centro	Leiria	Criar um plano para gestão de risco de cheias	3.65	Construir infraestruturas de armazenamento para encaixe dos volumes de cheia e atenuação dos caudais de ponta nas zonas mais críticas; melhorar o escoamento; desobstruir os sistemas de escoamento das áreas verdes; implementar sistemas de informação geográfica (SIG) que permitam a gestão/prevenção de cheias.	Até 2017
Melhorar a Capacidade Adaptativa e Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	DIDEA DIEM DIMC Espaços Verdes	Leiria	Incorporar novos critérios de adaptação às alterações climáticas nos regulamentos, planos e projetos municipais	3.57	Salvaguardar e adaptar o território perante os cenários de alterações climáticas; incorporar critérios de construção sustentável, de melhoria dos sistemas de ventilação dos edifícios, de energias renováveis, de aproveitamento da água das chuvas, ordenamento dos espaços exteriores e espécies autóctones.	Até 2020
Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	CCDR-C CM Leiria DIPOET	Leiria	Contribuir para uma gestão sustentada do litoral, nomeadamente vertendo para os instrumentos de gestão territorial municipais, as normas específicas que concretizam os regimes de salvaguarda da orla costeira plasmados no POC-OMG	3.29	Mover todos os esforços para que seja assegurada a salvaguarda do troço litoral de Leiria, apoiando e colaborando com as entidades competentes na promoção e implementação das medidas necessárias.	2016/2017 (após publicação do POC-OMG)
Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	APA CM Leiria	Leiria	Implementar estruturas de defesa, possivelmente submersas (para evitar aumentar de erosão costeira)	3.10	Desenvolver e promover a criação de estruturas de defesa capazes de criar atrito, diminuindo a velocidade de progressão das ondas e possivelmente o seu potencial erosivo, de modo a salvaguardar pessoas, fundamentalmente a população com dificuldades de mobilidade, bens e infraestruturas e diminuir a erosão costeira.	Até 2018

Melhorar a Capacidade Adaptativa e Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	DIDEA DIJA	Leiria	Definir um modelo jurídico-económico para eventuais medidas de deslocalização da frente marítima	-	Promover a elaboração de uma análise custo-benefício das medidas a aplicar no litoral; encetar um programa de sensibilização das populações costeiras para as questões relacionadas com a erosão costeira.	2027
Melhorar a Capacidade Adaptativa e Diminuir a Vulnerabilidade e/ou Aproveitar Oportunidades	DIDEA APA	Leiria	Encetar esforços para a estabilização da Duna Primária	-	Reconstituição da Duna primária do Pedrógão de forma a minimizar os impactos da erosão costeira a que se assiste.	2018

Legenda:

	Ação com impacto direto na proteção costeira da Praia do Pedrógão
	Ação com impacto indireto na proteção costeira da Praia do Pedrógão
	Ação sem execução prevista no futuro
	Ação prevista com atraso na execução
	Ação prevista
	Ação executada
?	Por definir / desconhecido

ANEXO III
TABELAS-RESUMO DE
ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE
AREIA PREVISTAS/REALIZADAS

Quadro 37 - Alimentações artificiais de areia previstas/executadas nos POOC e PAPVL 2012-2015, junho de 2012

ARH	POOC	Concelho	Entida de	Ação	Investimento		Prioridade	Observações	Situação Atual (junho de 2017)
					Previsto	Executado (junho de 2012)			
Centro	Ovar - Marinha Grande	Ílhavo	APA	P1-7: Proteção e Recarga de areias na Praia da Barra a sul do Molhe Sul do Porto de Aveiro	400 000.00 €	- €	Máxima	Perda de areal colocando em situação de risco apoios de praia, invasões das águas do mar na zona urbana consolidada adjacente	Não executado
Tejo	Sintra - Sado	Almada	APA	P1-17: Alimentação artificial da praia de S. João, Costa da Caparica – Almada	12 289 176.60 €	7 590 034.16 €	Máxima	Obra realizada por fases (1 e, 2ª concluídas, falta realizar a 3ª) Iniciada em: 2007 Conclusão prevista para 2013	Ação concluída: 1ª fase em 2007 (500 000 m³; 2 700 000 €; Administração do Porto de Lisboa e INAG); 2ª fase em 2008 (1 000 000 m³; 5 600 000 €; Administração do Porto de Lisboa e INAG); 3ª fase em 2014 (1 000 000 m³; 2 000 000 €; INAG)
Algarve	Burgau - Vilamoura	Lagos	APA	P1-21: Arribas e alimentação artificial da praia D. Ana - Lagos	1 792 000.00 €	- €	Máxima	Alimentação artificial: consignação da obra em 16.11.2009. Suspensa em 30.11.2009 por motivo de erro de projeto. Em curso processo para reinício da obra, de acordo com o quadro legal – Reformulação do projeto em 2012	Praia da Rocha, 1970: 900 000 m³, 1983: 100 000 m³; Praia do Vau / Três Castelos, 1983: 400 000 m³, 1996: 640 000 m³, 1998: 510 000 m³; Vale do Lobo, 1998: 700 000 m³, 2006: 280 000 m³; Quarteira / Vale do Lobo / Vale do Garrão, 2010: 1 250 000 m³; Vilamoura / Albufeira, 2011: 600 000 m³
		Lagoa Albufeira	APA ARH Algarve	P1-51: Alimentação artificial das praias de Carvoeiro, Praia Nova e Cova Redonda, Castelo e Coelha	2 500 000.00 €	- €	Elevada	Alimentação artificial das praias de Carvoeiro, Praia Nova e Cova Redonda Conceção em curso	
	Sines - Burgaru	Vila do Bispo	APA ARH Algarve	P1-49: Alimentação artificial da praia da Mareta	2 500 000.00 €	- €	Elevada	Alimentação artificial da praia da Mareta. Conceção em curso	
	Burgau	Portimão	APA	P1-65: Arribas e alimentação artificial das Praias Careanos, Amado e Três Castelos – Portimão	6 200 000.00 €	- €	Média	-	
	Vilamoura - Vila Real de Santo António	Loulé, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real de Santo António	Polis Litoral Ria Formosa	PP1-10: Alimentação artificial de praias, transposição de barras, recuperação dunar e lagunar – Loulé, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real de Santo António	4 163 644.00 €	3 914 130.00 €	Máxima	Alimentação artificial de praias, transposição de barras, recuperação dunar e lagunar - Loulé, Faro, Olhão, Tavira e Vila Real de Santo António Empreitadas em curso	
Total					29 844 820.60 €	11 504 164.16 €			

Quadro 38 – Alimentações artificiais de areia previstas no POC-OMG, outubro de 2015

Projeto	Concelho	Ação	Investimento Previsto	Observações	Calendarização da Execução
Alimentação artificial de areias	Ovar	A155 – Alimentação artificial de areias – Norte do Esporão E1 até a defesa aderente DA4	27 100 000.00 €	De igual modo, a generalidade das intervenções de alimentação artificial deve ser realizada com a maior brevidade possível (como a deriva litoral não é instantânea, a primeira intervenção deverá ser realizada em 2016 e atender, desde logo, se possível, a generalidade dos locais identificados). Contudo, em termos financeiros e operacionais, pode não existir capacidade para mobilizar operações de alimentação artificial simultaneamente em todos os locais previstos (apesar de ser a situação desejável), assumindo-se que em 2016 sejam intervencionados os locais mais a norte de cada trecho costeiro definido pelos portos de Aveiro e da Figueira da Foz (não obstante, na programação temporal, assumiu-se/contemplou-se a sua distribuição pelo período de vigência do POC, porque mesmo que não ocorram/sejam necessárias alimentações anuais, é essencial efetuar a monitorização para confirmar esse procedimento).	2016-2027
	Ovar	A156 – Alimentação artificial de areias – desde a defesa aderente DA4 até ao Esporão E3	5 700 000.00 €		2017-2027
	Ovar	A157 – Alimentação artificial de areias – entre os esporões E3 e E4	14 800 000.00 €		2017-2027
	Ovar	A158 – Alimentação artificial de areias – Norte do Esporão E5 até ao esporão E6	18 500 000.00 €		2017-2027
	Ílhavo	A159 – Alimentação artificial de areias – Barra	9 300 000.00 €		2016-2027
	Ílhavo	A160 – Alimentação artificial de areias – entre os esporões E8 e E12	43 100 000.00 €		2017-2027
	Vagos	A161 – Alimentação artificial de areias – desde o limite Norte da frente urbana até ao esporão E14	27 100 000.00 €		2016-2027
	Mira	A162 – Alimentação artificial de areias – Sul do esporão E15	2 500 000.00 €		2017-2027
	Mira	A163 – Alimentação artificial de areias – Sul do esporão E16	2 500 000.00 €		2017-2027
	Mira	A164 – Alimentação artificial de areias – desde o limite Norte da Frente Urbana até ao esporão E18	33 300 000.00 €		2017-2027
	Figueira da Foz	A165 – Alimentação artificial de areias – Buarcos	24 600 000.00 €		2017-2027
	Figueira da Foz	A166 – Alimentação artificial de areias – Entre os Esporões E19 e E23 (transposição sedimentar e alimentação sedimentar de elevada magnitude)	13 600 000.00 €		2016-2027
	Figueira da Foz	A167 – Alimentação artificial de areias – a Norte e Sul do Esporão E24 (transposição sedimentar e alimentação sedimentar de elevada magnitude)	11 100 000.00 €		2016-2027
	Figueira da Foz	A168 – Alimentação artificial de areias – a Norte e Sul do Esporão E25 (transposição sedimentar e alimentação sedimentar de elevada magnitude)	8 700 000.00 €		2016-2027
	Leiria	A169 – Alimentação artificial de areias – Frente Urbana, a Norte e Sul do Promontório	21 600 000.00 €		2017-2027
	Marinha Grande	A170 – Alimentação artificial de areias na Frente Urbana (Vieira)	8 000 000.00 €		2017-2027
	Marinha Grande	A171 – Alimentação artificial de areias na Frente Urbana (São Pedro de Moel)	5 000 000.00 €		2017-2027
	Figueira da Foz	A172 – Estudo avaliação de alternativas da transposição sedimentar da Barra do Mondego	100 000.00 €		2016
Total			276 600 000.00 €		

ANEXO IV
PROJETO DE EXECUÇÃO PARA A
PROTEÇÃO DO CORDÃO DUNAR
NO TROÇO ENTRE O CASAL
VENTOSO E O CENTRO AZUL
PEÇAS DESENHADAS
FEVEREIRO DE 2014
(FONTE: APA)

TROÇO DO CASAL VENTOSO

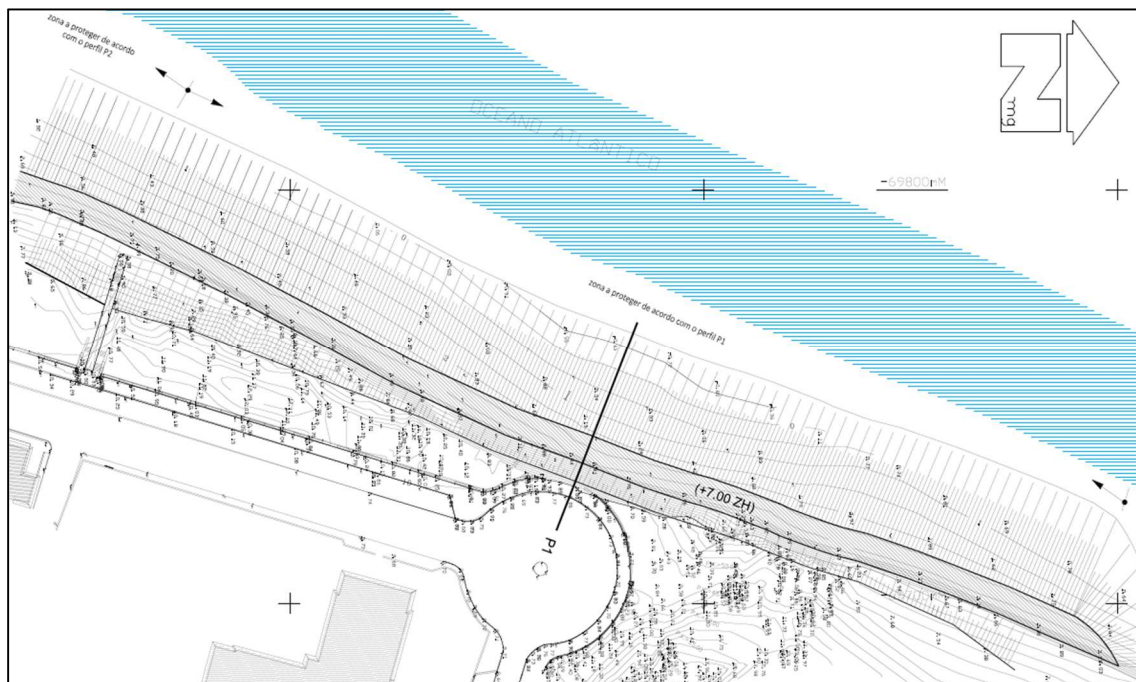


Fig. 174 – Troço do Casal Ventoso – Planta (fonte: APA, fevereiro de 2014)

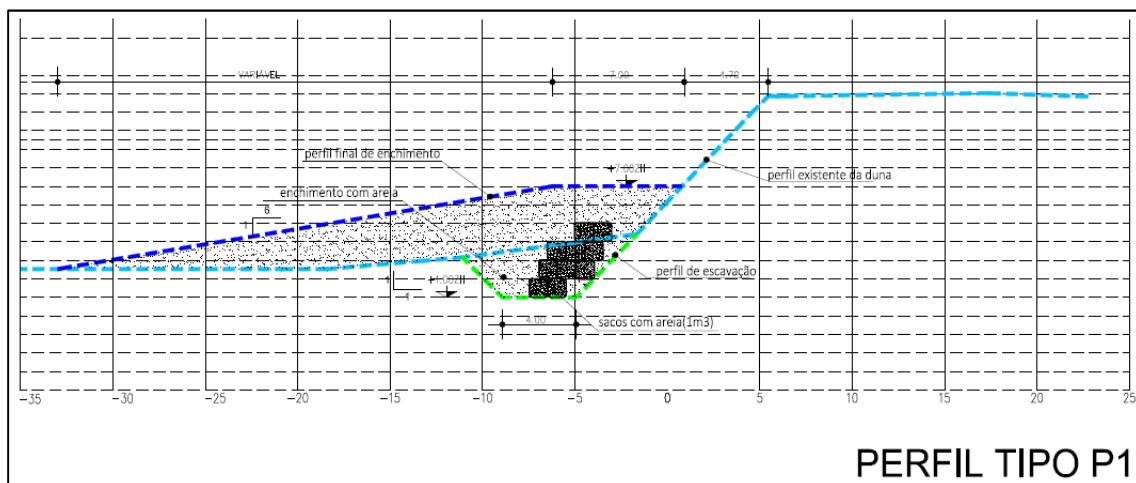


Fig. 175 – Troço do Casal Ventoso – Perfil tipo (fonte: APA, fevereiro de 2014)

TROÇO INTERMÉDIO

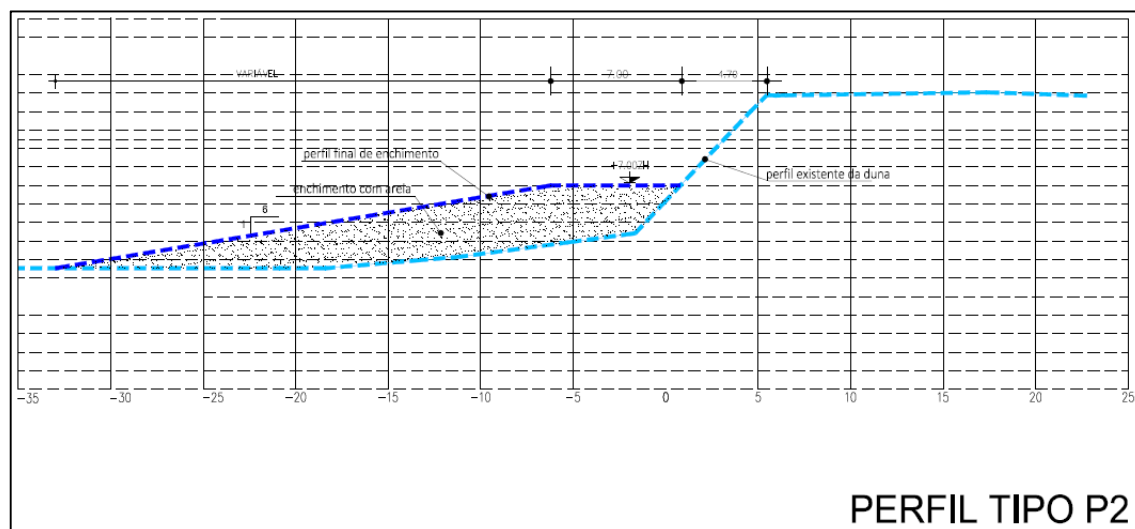


Fig. 176 – Troço Intermédio – Perfil tipo (fonte: APA, fevereiro de 2014)

TROÇO DO CENTRO AZUL

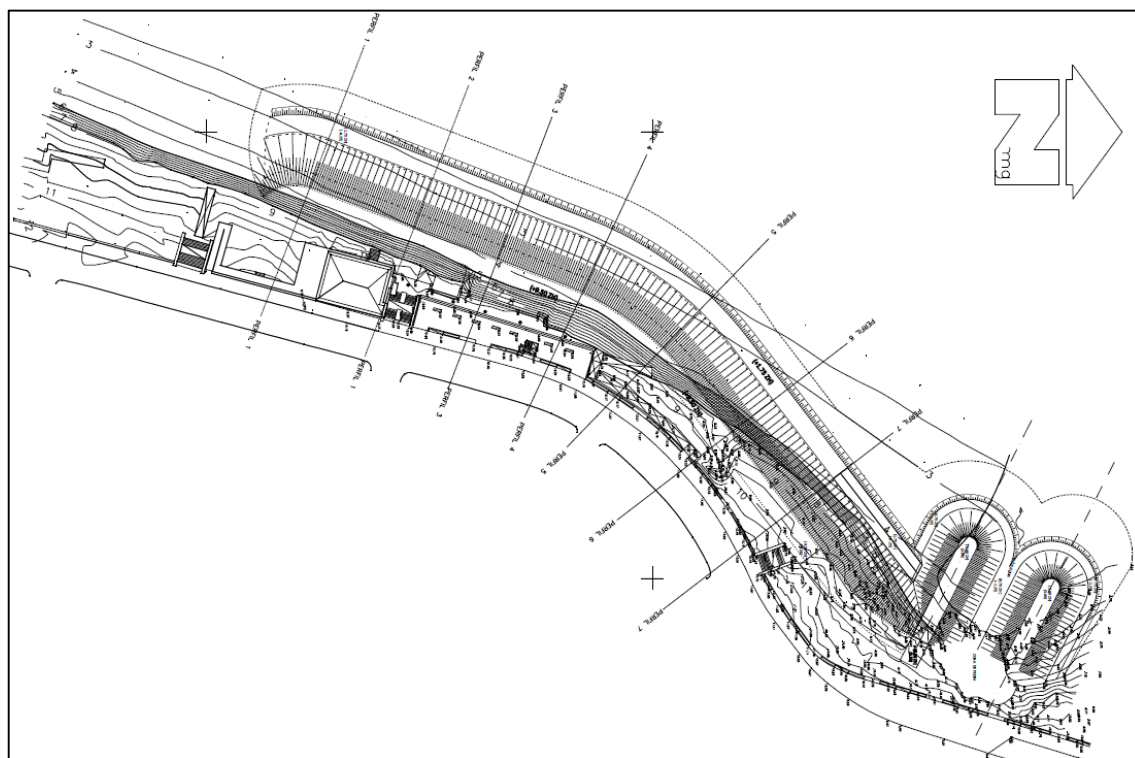


Fig. 177 – Troço do Centro Azul – Planta (fonte: APA, fevereiro de 2014)

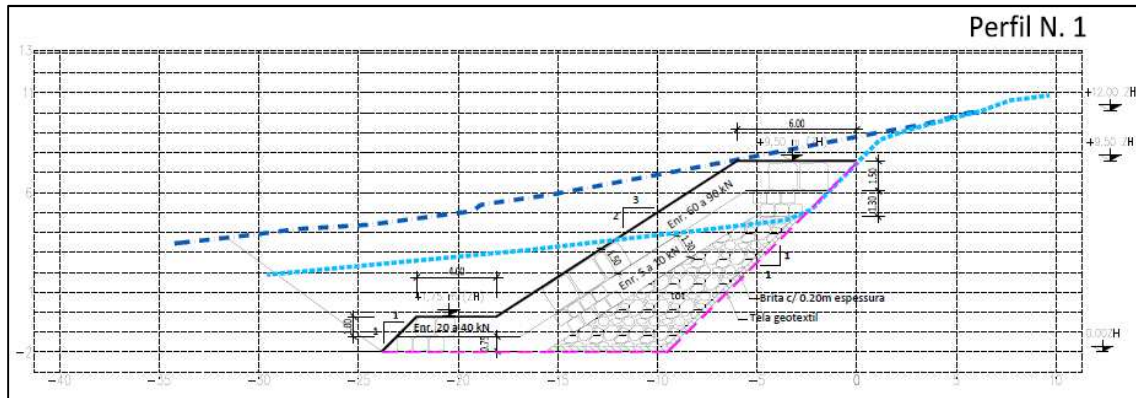


Fig. 178 – Troço do Centro Azul – Perfil 1 (fonte: APA, fevereiro de 2014)

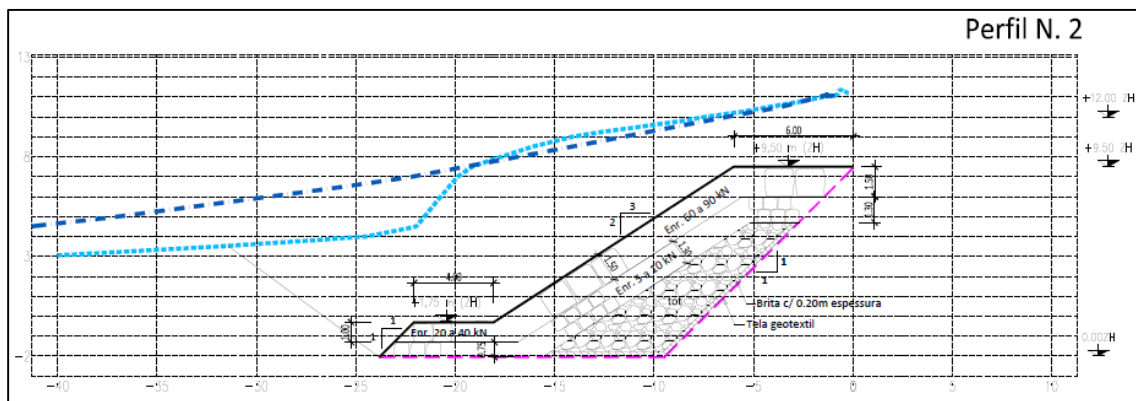


Fig. 179 – Troço do Centro Azul – Perfil 2 (fonte: APA, fevereiro de 2014)

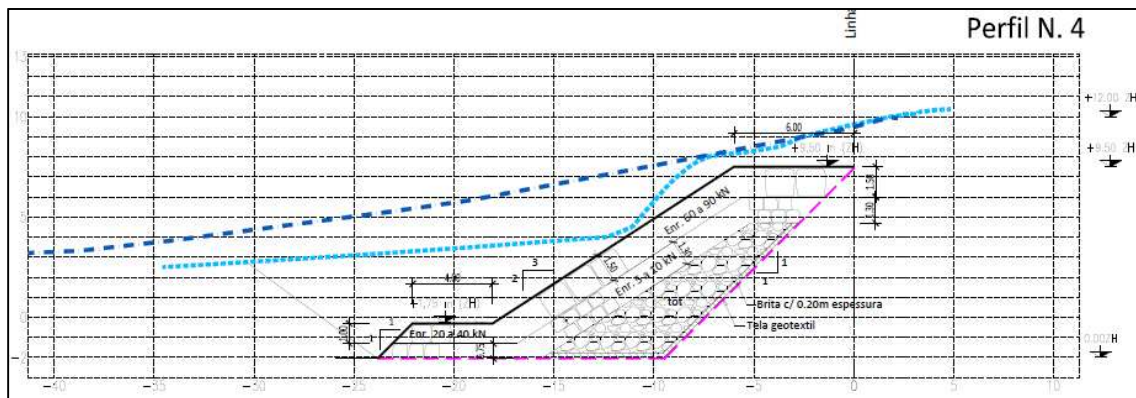


Fig. 180 – Troço do Centro Azul – Perfil 4 (fonte: APA, fevereiro de 2014)

Legenda:

- Perfil existente da duna
- - - - - Perfil final de enchimento

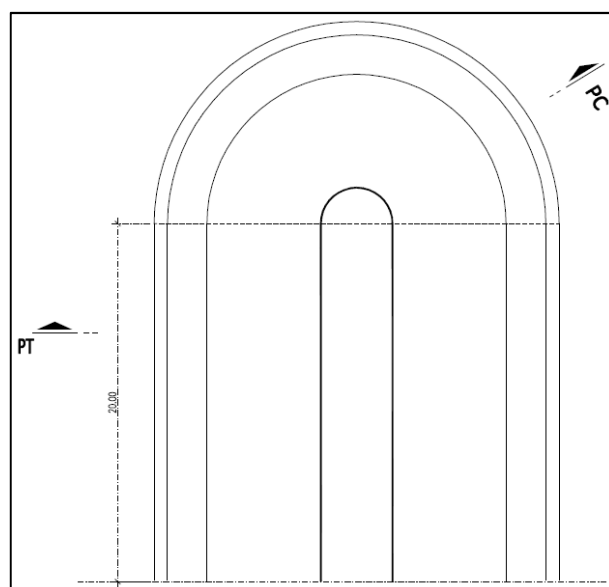


Fig. 181 – Troço do Centro Azul – Planta do esporão (fonte: APA, fevereiro de 2014)

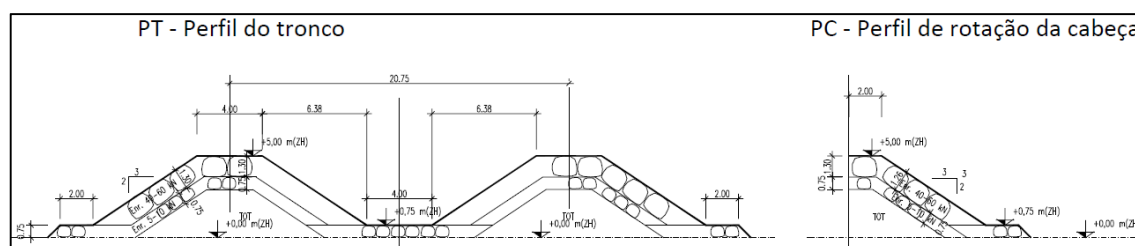


Fig. 182 – Troço do Centro Azul – Perfis do tronco e de rotação da cabeça do esporão (fonte: APA, fevereiro de 2014)

ANEXO V
PROJETO DE EXECUÇÃO PARA A
EMPREITADA DE REFORÇO DE
DUNAS E PROTEÇÃO MARGINAL
NA PRAIA DO PEDRÓGÃO A SUL
DO PROMONTÓRIO E
REABILITAÇÃO DE ACESSOS
PEÇAS DESENHADAS
MAIO DE 2012
(FONTE: APA – ARH CENTRO)

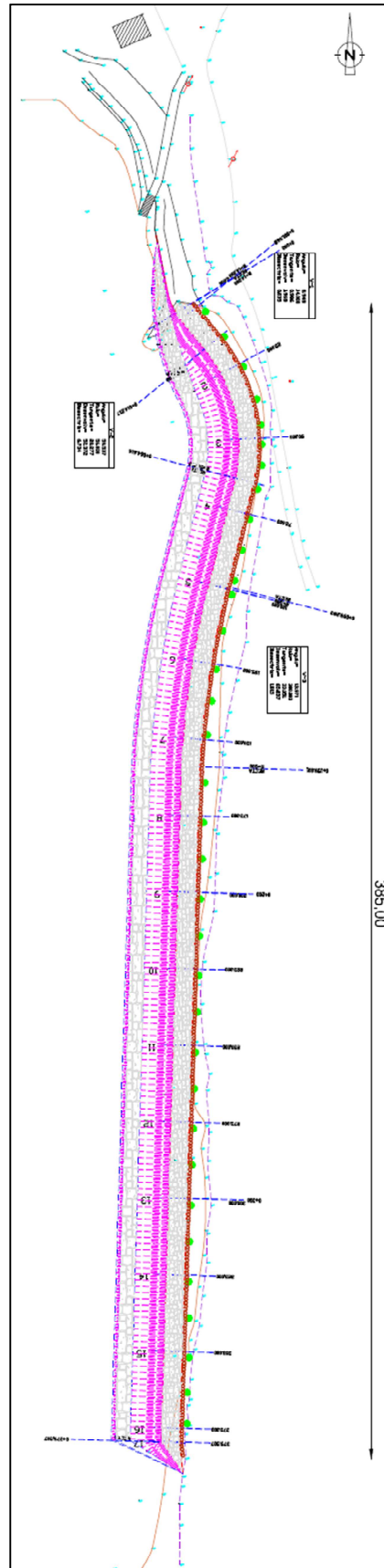
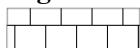


Fig. 183 – Planta (fonte: APA – ARH Centro, maio de 2012)

Legenda:



Enrocamento em pedra 60 a 90 kN



Paliçada fechada em madeira de pinho tratado em autoclave Φ 0.15



Cortina de plantas autóctones, espaçadas 3 m

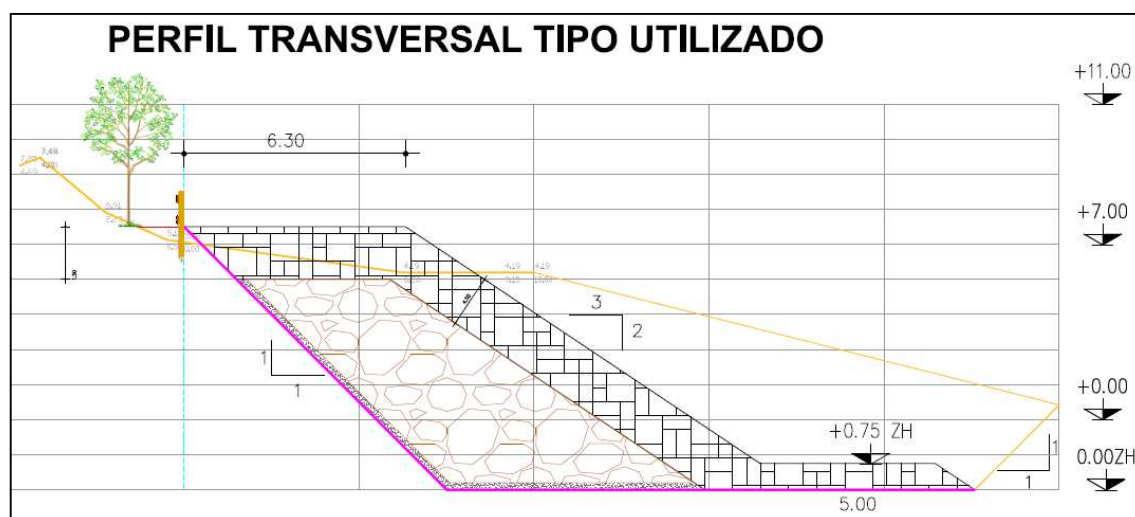


Fig. 184 – Perfil tipo (fonte: APA – ARH Centro, maio de 2012)

Legenda:

Perfil natural do terreno



Pedra de todo o tamanho



Enrocamento de pedra 60 a 90 kN



Paliçada fechada em madeira de pinho tratado em autoclave Φ 0.15



Cortina de plantas autóctones, espaçadas 3 m

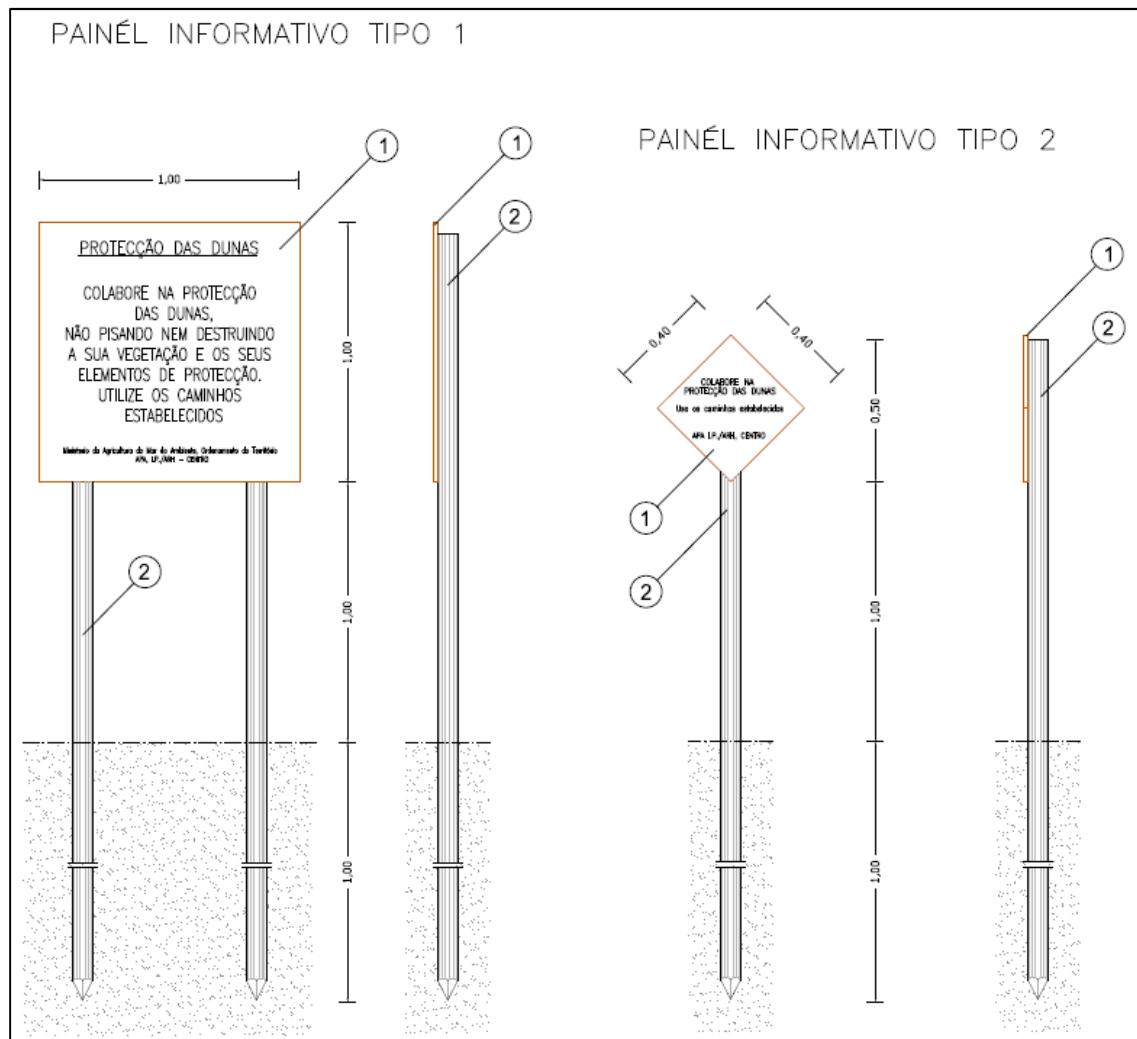


Fig. 185 – Painéis informativos (fonte: APA – ARH Centro, maio de 2012)

Legenda:

- 1 Placa em madeira contraplacado marítimo com 3 cm de esp.
- 2 Prumo em madeira tratada, com Φ médio 0.12, comprimento variável

ANEXO VI
MONITORIZAÇÃO DE
TEMPESTADES REGISTRADAS
DURANTE O INVERNO 2016/2017

TEMPESTADE DÓRIS

ATLÂNTICO NORTE

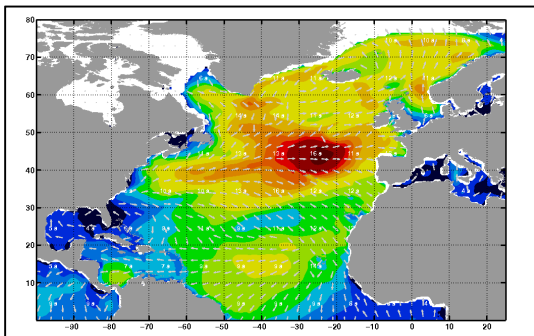


Fig. 186 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 02/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

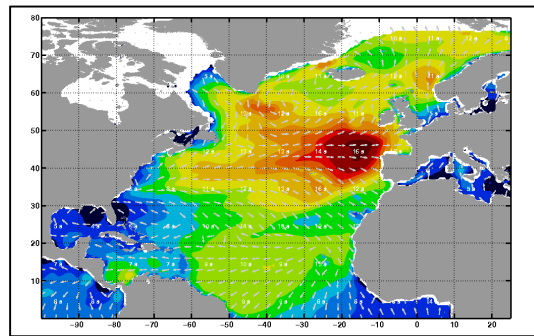


Fig. 187 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 12:00 - 02/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

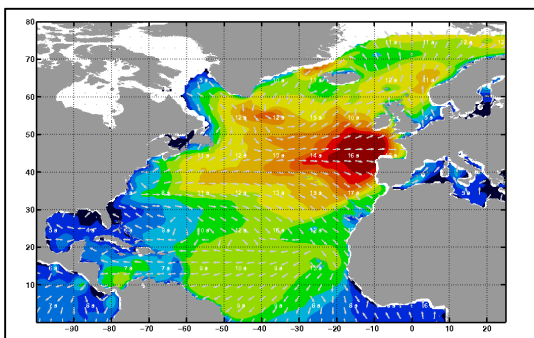


Fig. 188 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 02/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

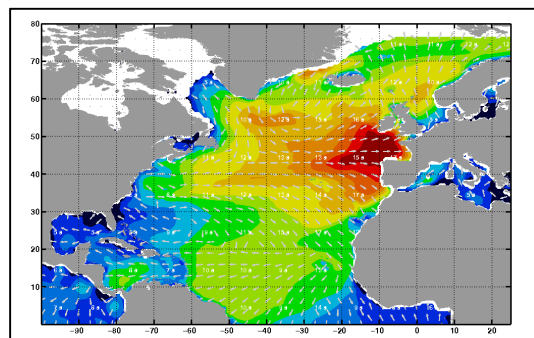


Fig. 189 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 03/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

PORTUGAL CONTINENTAL

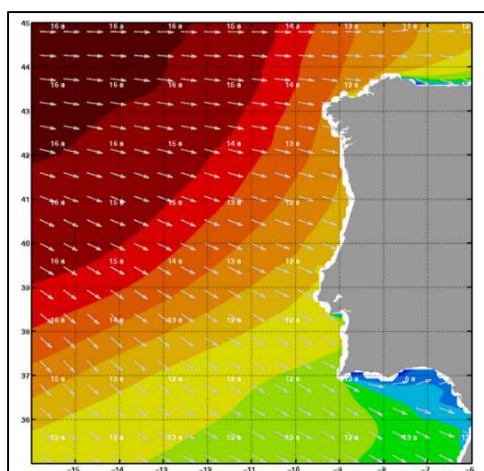


Fig. 190 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 12:00 - 02/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

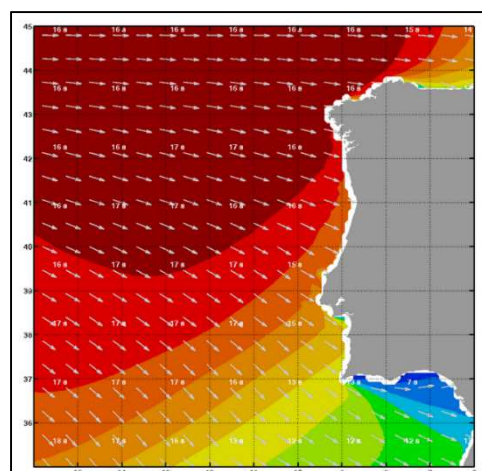


Fig. 191 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 18:00 - 02/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

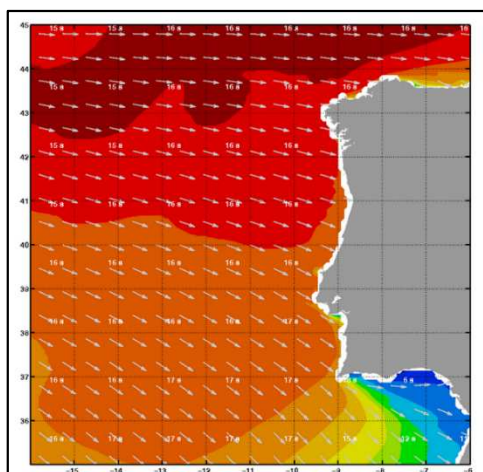


Fig. 192 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 00:00 - 03/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

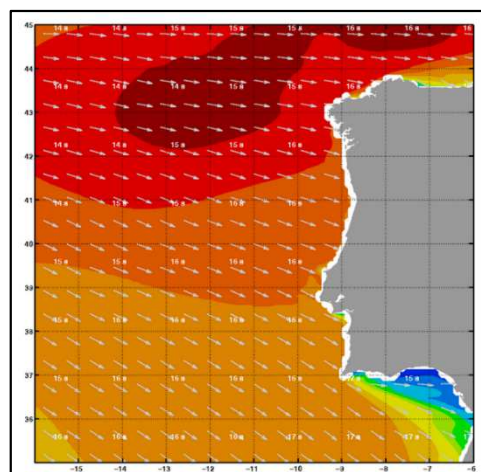


Fig. 193 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 06:00 - 03/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

TEMPESTADE DE 28 DE FEVEREIRO DE 2017

ATLÂNTICO NORTE

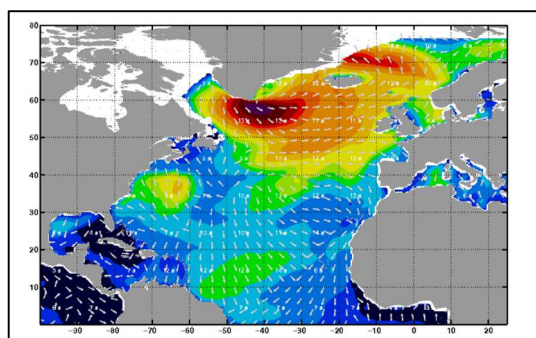


Fig. 194 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 26/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

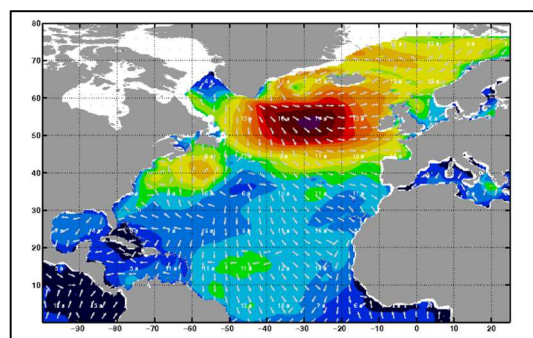


Fig. 195 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 26/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

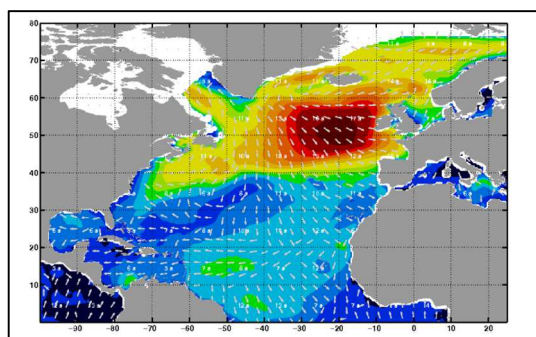


Fig. 196 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 06:00 - 27/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

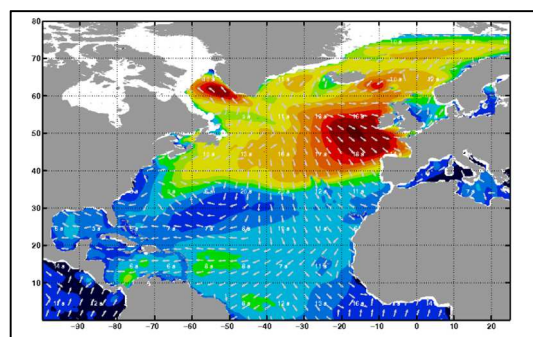


Fig. 197 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 27/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

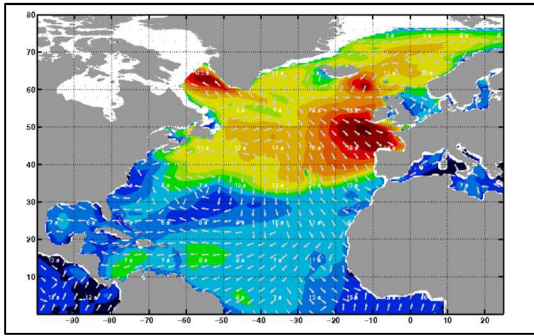


Fig. 198 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

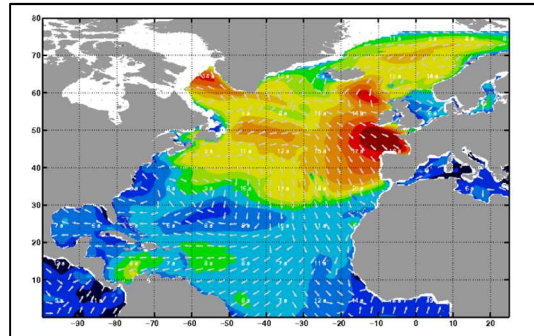


Fig. 199 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 06:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

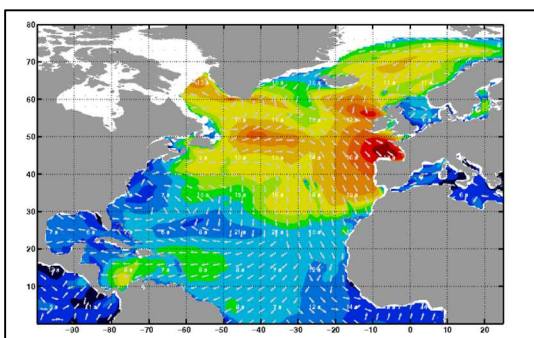


Fig. 200 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 12:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

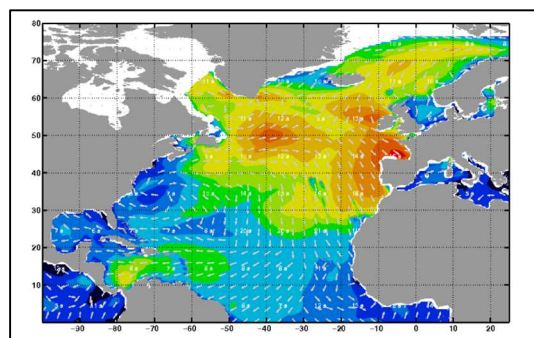


Fig. 201 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

PORTUGAL CONTINENTAL

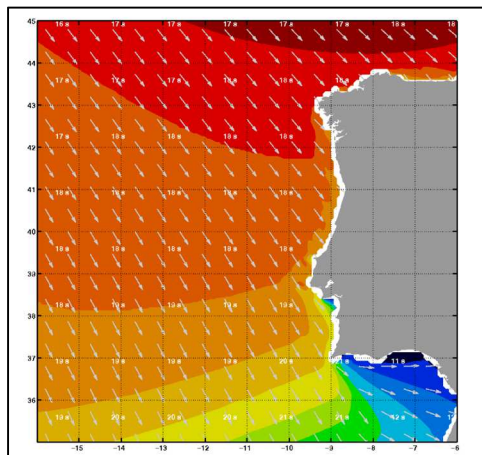


Fig. 202 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 06:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

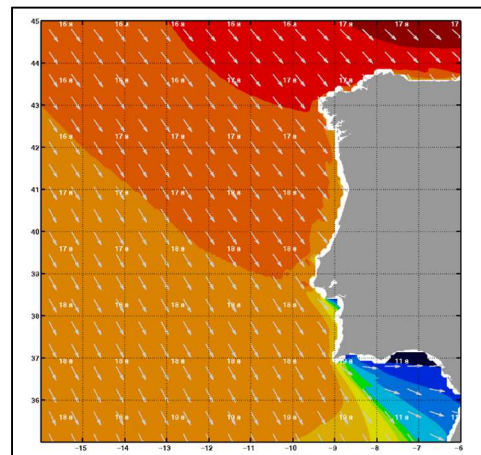


Fig. 203 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 12:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

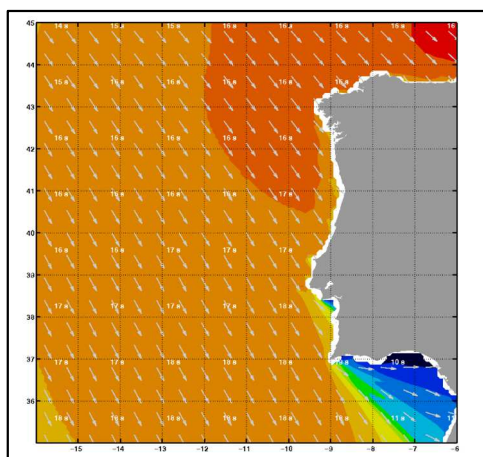


Fig. 204 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 18:00 - 28/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

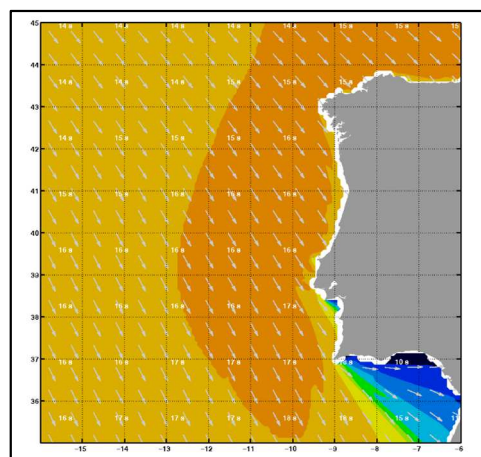


Fig. 205 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 00:00 - 01/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

TEMPESTADE DE 23 DE MARÇO DE 2017

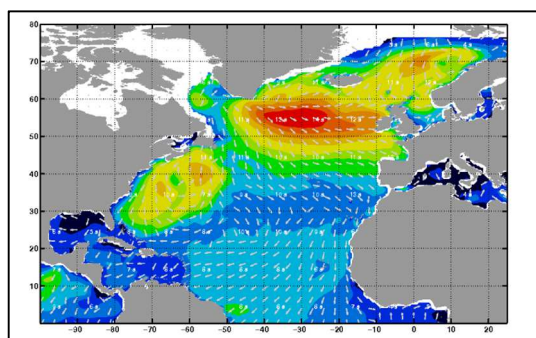


Fig. 206 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 21/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

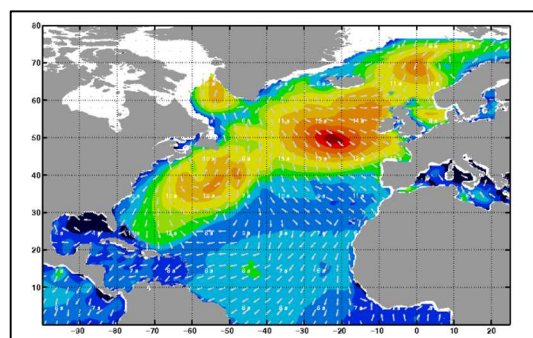


Fig. 207 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 21/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

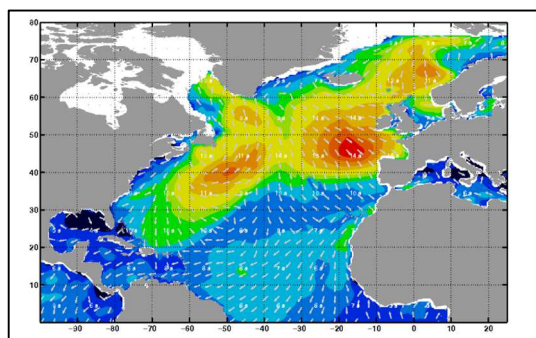


Fig. 208 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 06:00 - 22/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

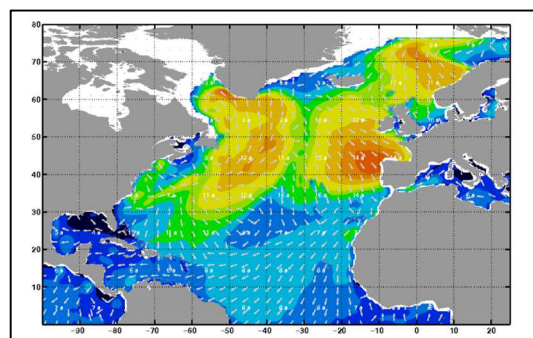


Fig. 209 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 22/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

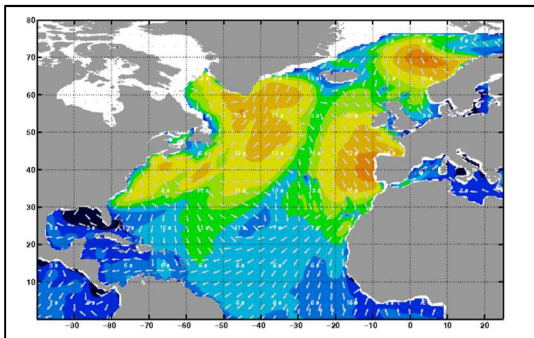


Fig. 210 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 06:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

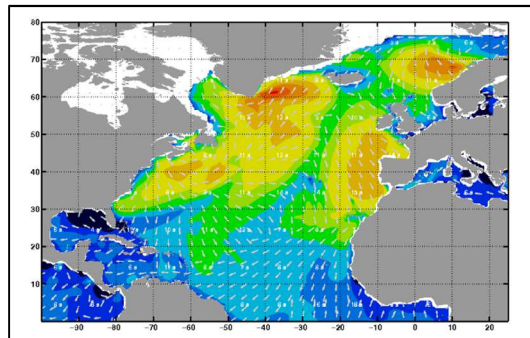


Fig. 211 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 12:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

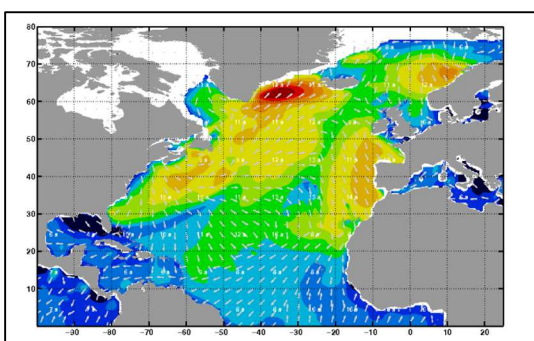


Fig. 212 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 18:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

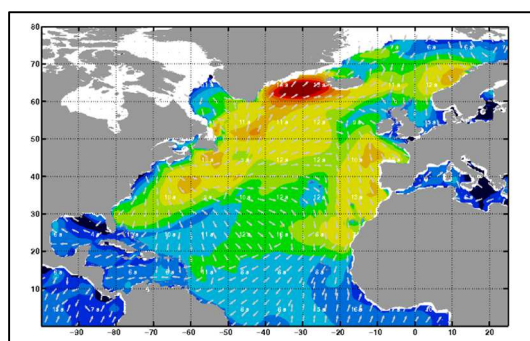


Fig. 213 – Previsão da agitação marítima no Atlântico Norte: 00:00 - 24/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

PORTUGAL CONTINENTAL

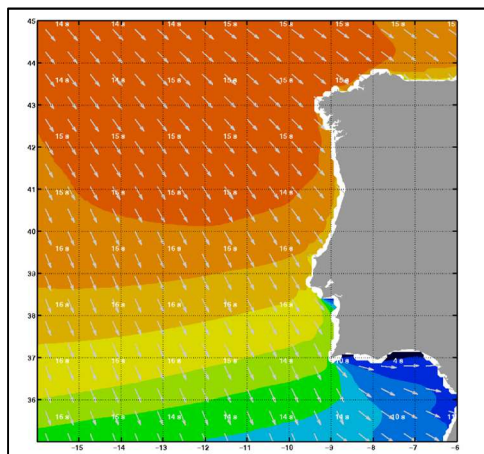


Fig. 214 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 18:00 - 22/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

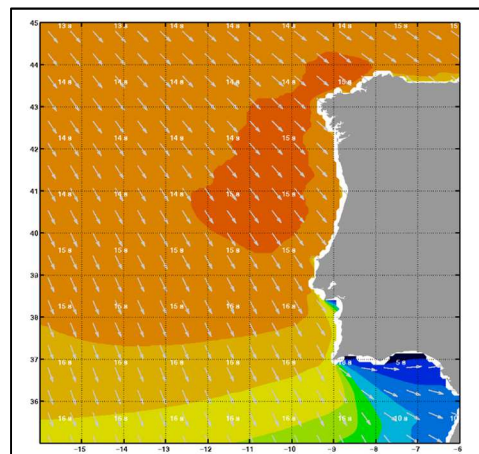


Fig. 215 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 00:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

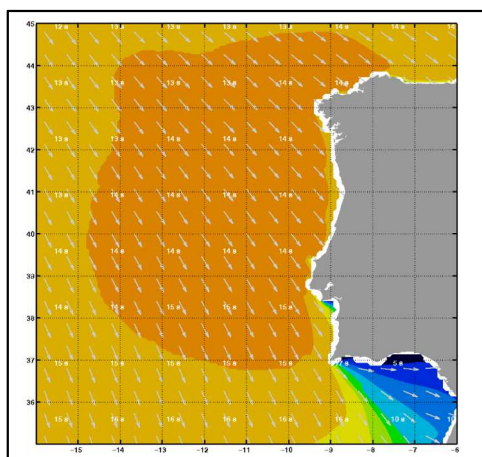


Fig. 216 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 06:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

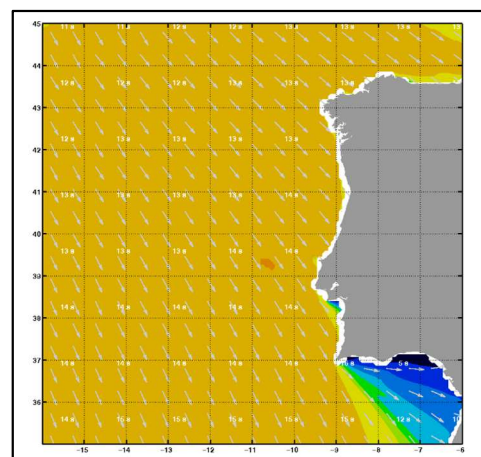
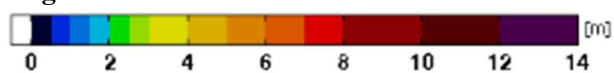


Fig. 217 – Previsão da agitação marítima em Portugal Continental: 12:00 - 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Legenda:



ANEXO VII
REGISTOS DA BOIA ONDÓGRAFO
DE LEIXÕES

TEMPESTADE DÓRIS

Quadro 39 – Registos da boia ondógrafo de Leixões: 02/02/2017 a 04/02/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Data	Hora	Hs (m)	Hmax (m)	Tz (s)	Tmax (s)	Direcção	Temp. (°C)
02-02-2017	00:00	4.13	6.07	7.3	13.3	SW	14.2
02-02-2017	00:10	4.63	6.48	7.8	14.8	SW	14.2
02-02-2017	00:20	4.11	8.15	6.9	12.5	SW	14.2
02-02-2017	00:30	3.52	5.69	7.1	13.3	SW	14.2
02-02-2017	00:40	3.67	7.13	6.9	13.3	SW	14.2
02-02-2017	00:50	3.73	5.68	7	14.1	SW	14.2
02-02-2017	01:00	4.17	7.08	7.8	15.6	SW	14.2
02-02-2017	01:10	4.28	6.71	7.5	14.1	SW	14.2
02-02-2017	01:20	4.05	5.84	7.2	14.1	WNW	14.2
02-02-2017	01:30	3.76	5.05	7.3	11.7	WNW	14.2
02-02-2017	01:40	4.04	5.96	7.7	14.8	WNW	14.2
(...)							
02-02-2017	09:40	4.73	6.68	8.4	14.1	WNW	14.2
02-02-2017	09:50	4.55	6.81	8.1	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	10:00	5.76	8.34	8.1	15.6	WNW	14.2
02-02-2017	10:10	4.9	7.74	8.3	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	10:20	5.71	9.07	8.8	14.1	W	14.2
02-02-2017	10:30	4.84	7.39	8.4	16.4	W	14.2
02-02-2017	10:40	5.12	7.6	8.5	14.8	W	14.2
02-02-2017	10:50	5.98	7.98	10.2	17.2	WNW	14.2
02-02-2017	11:00	4.92	7.66	8.1	14.1	WNW	14.2
02-02-2017	11:10	5.45	7.68	8.6	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	11:20	5.88	8.55	9.1	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	11:30	6.23	8.04	9.5	15.6	WNW	14.2
02-02-2017	11:40	5.45	7.94	9.2	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	11:50	6.38	9.02	10.1	15.6	WNW	14.2
02-02-2017	12:00	5.8	8.77	8.8	18	WNW	14.2
02-02-2017	12:10	5.78	7.31	9.2	17.2	WNW	14.2
02-02-2017	12:20	6.06	8.74	10.3	18	WNW	14.2
02-02-2017	12:30	6.46	9.18	10	15.6	WNW	14.2
02-02-2017	12:40	6.74	10.15	9.6	14.8	WNW	14.2
02-02-2017	12:50	6.87	9.03	10	15.6	WNW	14.2
02-02-2017	13:00	5.65	7.83	8.9	17.2	WNW	14.2
02-02-2017	13:10	6.56	10.66	10	16.4	WNW	14.2
02-02-2017	13:20	6.84	9.35	10.8	18	WNW	14.2
02-02-2017	13:30	6.74	10.3	10.3	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	13:40	6.39	9.64	9.3	17.2	WNW	14.2
02-02-2017	13:50	7.45	9.68	11.1	19.5	WNW	14.2
02-02-2017	14:00	7.31	10.21	9.9	18	WNW	14.2
02-02-2017	14:10	7.19	9.44	10.6	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	14:20	7.47	9.92	10.5	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	14:30	6.93	8.57	11.7	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	14:40	7.29	10.65	11	18	WNW	14.2
02-02-2017	14:50	8.41	12.78	11.4	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	15:00	8.54	13.12	11.9	22.7	WNW	14.2
02-02-2017	15:10	8.12	11.15	11.6	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	15:20	8.01	11.47	11.2	19.5	WNW	14.2

02-02-2017	15:30	8.39	13.32	11.3	17.2	WNW	14.2
02-02-2017	15:40	7	10.29	10.4	19.5	WNW	14.2
02-02-2017	15:50	7.9	11.06	11.5	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	16:00	6.5	9.02	11.1	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	16:10	7.91	10.5	12.1	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	16:20	7.49	11.85	12	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	16:30	7.98	12.21	12.4	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	16:40	7.83	10.2	11.8	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	16:50	7.32	9.79	10.9	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	17:00	6.99	9.57	11	19.5	WNW	14.2
02-02-2017	17:10	7.2	9.67	11.9	21.9	WNW	14.2
02-02-2017	17:20	7.81	11.54	12	19.5	WNW	14.2
02-02-2017	17:30	8.34	13.48	12.5	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	17:40	5.86	8.84	10.2	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	17:50	6.26	8.3	10	24.2	WNW	14.2
02-02-2017	18:00	7.98	12.99	11.9	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	18:10	7.1	10.07	10.7	18	WNW	14.2
02-02-2017	18:20	6.82	10.34	10.1	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	18:30	6.13	9.74	10.1	16.4	WNW	14.2
02-02-2017	18:40	6.84	8.75	10.9	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	18:50	6.59	10.18	10.5	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	19:00	6.19	8.49	10.3	18	WNW	14.2
02-02-2017	19:10	6.55	9.9	11	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	19:20	7.1	10.41	11.4	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	19:30	6.87	10.93	11.1	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	19:40	6.63	12.65	11.5	23.4	WNW	14.2
02-02-2017	19:50	7.12	9.97	12	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	20:00	8.72	13.07	11.9	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	20:10	6.63	9.62	11.6	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	20:20	6.3	7.9	10.7	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	20:30	6.67	8.91	11.7	19.5	WNW	14.2
02-02-2017	20:40	7.55	12.92	11.7	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	20:50	7.28	10.46	11.3	22.7	WNW	14.2
02-02-2017	21:00	6.09	8.14	11.1	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	21:10	7.15	12.52	11	21.1	WNW	14.2
02-02-2017	21:20	6.75	8.46	10.9	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	21:30	5.31	10.31	8.9	18	WNW	14.2
02-02-2017	21:40	6.93	10.38	11.3	18.8	WNW	14.2
02-02-2017	21:50	5.96	7.9	10.7	20.3	WNW	14.3
02-02-2017	22:00	6.29	8.56	10.3	21.9	WNW	14.3
02-02-2017	22:10	7.79	12.38	10.9	19.5	WNW	14.3
02-02-2017	22:20	6.19	9.63	10.2	20.3	WNW	14.2
02-02-2017	22:30	6.04	9.86	9.9	18	WNW	14.2
(...)							
03-02-2017	05:20	7.35	9.48	10.1	18.8	WNW	14.2
03-02-2017	05:30	6.66	12.17	8.7	17.2	WNW	14.2
03-02-2017	05:40	7.17	11.3	8.9	19.5	WNW	14.2
03-02-2017	05:50	7.94	12.08	10.1	18.8	WNW	14.2
03-02-2017	06:00	7.55	9.94	10	18.8	WNW	14.2
03-02-2017	06:10	7.29	10.57	9.2	15.6	WNW	14.2
03-02-2017	06:20	6.48	9.71	9.8	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	06:30	7.24	11.06	9.6	18	WNW	14.3
03-02-2017	06:40	8.07	12.78	10.3	18.8	WNW	14.3

03-02-2017	06:50	7.17	12.87	9.2	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	07:00	6.87	10.74	9	19.5	WNW	14.3
03-02-2017	07:10	7.36	9.66	10.5	20.3	WNW	14.3
03-02-2017	07:20	7.75	10.42	10.9	18	WNW	14.3
03-02-2017	07:30	8.74	14.44	10.7	18.8	WNW	14.3
03-02-2017	07:40	7.94	10.72	10.6	18.8	WNW	14.3
03-02-2017	07:50	7.17	10.64	9.7	19.5	WNW	14.3
03-02-2017	08:00	6.69	9.12	10.4	18	WNW	14.3
03-02-2017	08:10	7.18	12.63	10.2	17.2	WNW	14.3
03-02-2017	08:20	6.74	11.91	9.7	17.2	W	14.3
03-02-2017	08:30	7	11	9.6	21.1	W	14.3
03-02-2017	08:40	8.22	11.73	12	17.2	W	14.3
03-02-2017	08:50	7.82	10.41	10.6	19.5	WNW	14.3
03-02-2017	09:00	7.16	10.62	9.9	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	09:10	6.63	9.2	9.9	18	WNW	14.3
03-02-2017	09:20	6.29	9.59	9.3	17.2	WNW	14.3
03-02-2017	09:30	7.26	10.81	10.7	17.2	WNW	14.3
03-02-2017	09:40	6.84	9.32	9.5	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	09:50	8.36	11.92	10.9	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	10:00	6.82	9.8	9.4	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	10:10	7.57	12.94	11.4	19.5	WNW	14.3
03-02-2017	10:20	6.79	9.19	10.3	17.2	WNW	14.3
03-02-2017	10:30	7.11	10.04	10.5	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	10:40	7.55	9.73	11.1	18.8	WNW	14.3
(...)							
03-02-2017	18:50	5.62	7.33	8.5	17.2	WNW	14.3
03-02-2017	19:00	5.27	10.24	7.7	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	19:10	5.6	8.39	8.9	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	19:20	5.79	10.67	8.9	16.4	WNW	14.3
03-02-2017	19:30	6.32	9.69	8.7	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	19:40	5.88	9.08	8.1	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	19:50	6.06	8.66	8.6	14.8	WNW	14.3
03-02-2017	20:00	5.61	7.35	9.3	14.8	WNW	14.3
03-02-2017	20:10	5.95	8.72	8.5	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	20:20	6.27	8.35	8.8	14.1	W	14.3
03-02-2017	20:30	6.32	9.76	8.7	16.4	W	14.3
03-02-2017	20:40	5.43	7.08	9.2	14.8	W	14.3
03-02-2017	20:50	5.41	9.29	8.6	14.8	WNW	14.3
03-02-2017	21:00	6.24	10.14	9.1	18.8	WNW	14.3
03-02-2017	21:10	5.88	10.46	8.2	15.6	WNW	14.3
03-02-2017	21:20	6.2	10.22	8.4	14.1	WNW	14.3
03-02-2017	21:30	5.76	9.49	8.6	16.4	WNW	14.3
(...)							
04-02-2017	02:50	5.67	6.89	9.4	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	03:00	6.08	7.53	9.8	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	03:10	5.22	6.82	8.9	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	03:20	5.51	7.56	8.6	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	03:30	6.53	11.24	10	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	03:40	5.57	9.35	9.4	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	03:50	5.92	10.99	8.8	16.4	WNW	14.3

04-02-2017	04:00	5.31	9.66	8.7	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	04:10	5.42	8.12	8.7	17.2	WNW	14.3
04-02-2017	04:20	5.02	6.7	8.1	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	04:30	5.52	8.68	9.3	14.8	WNW	14.3
04-02-2017	04:40	4.68	8.14	8.9	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	04:50	5.48	7.48	9.8	14.8	WNW	14.3
04-02-2017	05:00	5.28	9.05	9.4	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	05:10	5.64	7.83	8.9	14.8	WNW	14.3
04-02-2017	05:20	5.11	6.26	9.1	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	05:30	5.42	10.57	8.6	17.2	WNW	14.3
04-02-2017	05:40	4.88	7.49	8.6	18	WNW	14.3
04-02-2017	05:50	4.58	6.97	8.3	14.8	WNW	14.3
04-02-2017	06:00	4.98	6.92	8.6	15.6	WNW	14.3
04-02-2017	06:10	4.89	7.25	9	17.2	WNW	14.3
04-02-2017	06:20	5.13	8.35	8.4	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	06:30	4.86	6.84	9.8	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	06:40	4.93	8.27	8.7	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	06:50	5.44	7.59	9.5	17.2	WNW	14.3
04-02-2017	07:00	5.02	7.3	9.2	16.4	WNW	14.3
04-02-2017	07:10	4.87	7.7	8.6	17.2	WNW	14.3
(...)							
04-02-2017	21:40	4.83	7.72	7.9	14.8	WNW	14.4
04-02-2017	21:50	4.36	6.42	8.3	14.1	WNW	14.4
04-02-2017	22:00	3.92	6.53	7.3	13.3	WNW	14.4
04-02-2017	22:10	4.13	7.08	7.5	14.8	WNW	14.4
04-02-2017	22:20	4.03	5.73	7.4	14.8	WNW	14.4
04-02-2017	22:30	3.8	5.59	8	14.8	WNW	14.4
04-02-2017	22:40	4.37	5.66	8.3	14.1	WNW	14.4
04-02-2017	22:50	3.61	6.01	7.1	17.2	WNW	14.4
04-02-2017	23:00	4.36	6.94	7.7	15.6	WNW	14.4
04-02-2017	23:10	4.22	6.16	8.1	16.4	WNW	14.4
04-02-2017	23:20	3.85	6.79	7.5	15.6	WNW	14.4
04-02-2017	23:30	4.73	7.68	8.1	13.3	WNW	14.4
04-02-2017	23:40	4.23	5.84	7.3	14.8	WNW	14.4
04-02-2017	23:50	4.21	7.86	7.9	18.8	WNW	14.4
Máximos		8.74	14.44	12.5	24.2		

TEMPESTADE DE 28 DE FEVEREIRO DE 2017

Quadro 40 – Registos da boia ondógrafo de Leixões: 27/02/2017 a 01/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Data	Hora	Hs (m)	Hmax (m)	Tz (s)	Tmax (s)	Direcção	Temp. (°C)
27-02-2017	17:00	2.96	4.32	7.9	14.8	WNW	14.1
27-02-2017	17:10	3.13	4.49	8.2	15.6	WNW	14.1
27-02-2017	17:20	3.29	4.37	7.8	15.6	WNW	14.1
27-02-2017	17:30	3.9	5.48	8.7	17.2	WNW	14.1
27-02-2017	17:40	3.22	4.39	8.6	16.4	WNW	14.1
27-02-2017	17:50	3.3	4.82	8.9	15.6	NW	14.1
27-02-2017	18:00	3.26	5.87	8.1	16.4	NW	14.1

27-02-2017	18:10	4.21	5.82	9.1	16.4	NW	14.1
27-02-2017	18:20	3.4	5.07	8.5	16.4	NW	14.1
27-02-2017	18:30	4.17	6.18	8.9	15.6	NW	14.1
27-02-2017	18:40	3.51	5.29	8	15.6	NW	14.1
27-02-2017	18:50	3.57	4.77	8.2	14.1	WNW	14.1
27-02-2017	19:00	3.58	5.21	8.4	15.6	WNW	14.1
27-02-2017	19:10	4.12	6.65	9.7	19.5	WNW	14.1
27-02-2017	19:20	4.74	6.27	10.5	16.4	WNW	14.1
27-02-2017	19:30	4.5	5.96	9.6	14.8	WNW	14.1
27-02-2017	19:40	4.66	6.06	10.9	16.4	WNW	14.1
27-02-2017	19:50	3.83	7.38	8.2	17.2	NW	14.1
27-02-2017	20:00	4.22	5.14	9.4	18	NW	14.1
(...)							
27-02-2017	22:00	5.66	8	10.9	21.9	NW	14.1
27-02-2017	22:10	6.09	10.42	10.9	20.3	NW	14.1
27-02-2017	22:20	5.55	7.79	10	20.3	NW	14.1
27-02-2017	22:30	6.4	11.55	11.2	23.4	NW	14.1
27-02-2017	22:40	6.3	8.93	11.3	22.7	NW	14.1
27-02-2017	22:50	6.36	11.56	11.1	23.4	NW	14.1
27-02-2017	23:00	6.85	11.86	12.7	22.7	NW	14.1
27-02-2017	23:10	6.18	8.06	10.8	20.3	NW	14.1
27-02-2017	23:20	6.87	9.61	12	20.3	NW	14.1
27-02-2017	23:30	6.87	9.91	12.5	21.9	NW	14.1
27-02-2017	23:40	5.59	7.38	10.4	21.1	NW	14.1
27-02-2017	23:50	5.34	9.2	10.1	18.8	NW	14.1
28-02-2017	00:00	6.43	7.99	10.5	20.3	NW	14.1
28-02-2017	00:10	5.72	7.81	10.9	22.7	NW	14.1
28-02-2017	00:20	7.65	12.86	13.3	24.2	NW	14.1
28-02-2017	00:30	6.49	10.34	11.8	23.4	NW	14.1
28-02-2017	00:40	6.82	9.29	12.1	19.5	NW	14.1
28-02-2017	00:50	7.02	10.42	12.9	25	WNW	14.1
28-02-2017	01:00	6.26	8.68	11	19.5	WNW	14.1
28-02-2017	01:10	6.9	10.22	12.9	21.9	WNW	14.1
28-02-2017	01:20	6.58	9.81	12.8	20.3	NW	14.1
28-02-2017	01:30	6.78	12.67	12.8	22.7	NW	14.1
28-02-2017	01:40	6.03	7.64	12.3	21.1	NW	14.1
28-02-2017	01:50	6.67	10.55	11.6	21.1	NW	14.1
28-02-2017	02:00	6.53	8.63	12.5	22.7	NW	14.1
28-02-2017	02:10	5.95	8.15	12.8	20.3	NW	14.1
28-02-2017	02:20	7.04	8.83	13.3	22.7	WNW	14.1
28-02-2017	02:30	7.78	10.65	12.3	21.9	WNW	14.1
28-02-2017	02:40	7.99	13.9	13.2	21.1	WNW	14.1
28-02-2017	02:50	6.39	9.35	10.9	19.5	NW	14.1
28-02-2017	03:00	6.36	8.72	13	25	NW	14.1
28-02-2017	03:10	7.07	11.91	11.5	20.3	NW	14.1
28-02-2017	03:20	7.05	9.74	12.4	20.3	NW	14.1
28-02-2017	03:30	6.34	8.65	12.4	21.9	NW	14.1
28-02-2017	03:40	6.94	8.79	12.7	21.1	NW	14.1
28-02-2017	03:50	6.99	9.52	13	21.9	NW	14.1
28-02-2017	04:00	6.09	8.85	11.7	19.5	NW	14.1
28-02-2017	04:10	6.03	8.73	12.6	20.3	NW	14.1
28-02-2017	04:20	6.01	10.65	11.4	22.7	WNW	14

28-02-2017	04:30	8.13	10.72	13	22.7	WNW	14
28-02-2017	04:40	6.39	9.54	12.4	21.1	WNW	14
28-02-2017	04:50	7.32	14.46	13.1	22.7	NW	14
28-02-2017	05:00	5.92	8.7	12.7	21.9	NW	14
28-02-2017	05:10	6.87	10.66	10.9	21.1	NW	14
28-02-2017	05:20	7.02	10.37	10.5	20.3	NW	14.1
28-02-2017	05:30	6.87	8.82	12.2	20.3	NW	14.1
28-02-2017	05:40	7.19	8.82	12.1	20.3	NW	14.1
28-02-2017	05:50	6.62	11.9	12.6	21.9	NW	14.1
28-02-2017	06:00	6.46	10.44	12.4	21.1	NW	14.1
28-02-2017	06:10	6.09	8.33	12.2	23.4	NW	14.1
28-02-2017	06:20	7.59	14.29	13	24.2	NW	14.1
28-02-2017	06:30	7.48	10.13	12.5	21.1	NW	14.1
28-02-2017	06:40	6.51	10.87	12	22.7	NW	14.1
28-02-2017	06:50	6.4	9.45	12.4	23.4	NW	14.1
28-02-2017	07:00	7.92	10.21	13	19.5	NW	14.1
28-02-2017	07:10	6.79	11.21	11.9	21.1	NW	14.1
28-02-2017	07:20	6.89	9.22	13.9	23.4	NW	14
28-02-2017	07:30	8.19	9.64	13	20.3	NW	14
28-02-2017	07:40	6.39	9.17	11.2	21.1	NW	14
28-02-2017	07:50	6.36	8.25	11.6	21.1	NW	14.1
28-02-2017	08:00	6.97	11.27	11	18.8	NW	14.1
28-02-2017	08:10	6.64	8.71	12.2	21.1	NW	14.1
28-02-2017	08:20	6.76	9.38	12.3	20.3	NW	14.1
28-02-2017	08:30	6.36	9.16	11.3	18	NW	14.1
28-02-2017	08:40	7.68	10.93	12.4	19.5	NW	14.1
28-02-2017	08:50	5.14	8.32	9.8	19.5	NW	14.1
28-02-2017	09:00	6	8.23	11.6	21.9	NW	14.1
28-02-2017	09:10	6.63	9.14	12	21.1	NW	14.1
28-02-2017	09:20	6.81	10.59	11	20.3	NW	14.1
28-02-2017	09:30	6.13	10.99	10.7	19.5	NW	14.1
28-02-2017	09:40	7.53	8.85	13.3	21.1	NW	14.1
28-02-2017	09:50	6.56	9.05	11.9	18.8	NW	14.1
(...)							
28-02-2017	19:00	6.08	9.26	12.3	20.3	NW	14.1
28-02-2017	19:10	5.55	8.7	10.6	17.2	NW	14.1
28-02-2017	19:20	5.61	8.07	11.2	19.5	NW	14.1
28-02-2017	19:30	5.49	7.13	11.2	19.5	NW	14.1
28-02-2017	19:40	4.5	6.11	10.2	18.8	NW	14.1
28-02-2017	19:50	5.58	8.37	12.4	19.5	NW	14.1
28-02-2017	20:00	6.23	8.03	11.7	19.5	NW	14.1
28-02-2017	20:10	4.5	6.16	10.9	19.5	NW	14.1
28-02-2017	20:20	4.78	8.71	10.1	17.2	NW	14.1
28-02-2017	20:30	4.39	6.25	11.6	18	NW	14.1
28-02-2017	20:40	5.24	7.22	10.7	20.3	NW	14.1
28-02-2017	20:50	5.26	6.77	11.6	18.8	NW	14.1
28-02-2017	21:00	5.36	7.73	11.4	18.8	NW	14.1
28-02-2017	21:10	4.94	7.33	10.5	18.8	NW	14.1
28-02-2017	21:20	5.83	7.87	11.5	18.8	NW	14.1
28-02-2017	21:30	4.65	6.49	11.2	18	NW	14.1

(...)							
01-03-2017	01:00	4.94	7.36	11.5	17.2	NW	14.1
01-03-2017	01:10	4.91	7.14	12	19.5	NW	14.1
01-03-2017	01:20	4.71	9.35	10.3	16.4	NW	14
01-03-2017	01:30	4.27	6.27	10.9	18	NW	14
01-03-2017	01:40	3.98	5.52	11.1	18	NW	14
01-03-2017	01:50	4.14	5.49	10.5	17.2	NW	14
01-03-2017	02:00	3.83	5.22	9.6	16.4	NW	14
01-03-2017	02:10	5.56	9.42	11.8	18.8	NW	14
01-03-2017	02:20	4.59	6.79	10.9	17.2	NW	14.1
01-03-2017	02:30	4.09	5.14	10.9	18	NW	14.1
01-03-2017	02:40	3.93	6.27	9.6	16.4	NW	14.1
01-03-2017	02:50	3.7	5.54	10.5	17.2	NW	14.1
01-03-2017	03:00	4.83	6.84	11	17.2	NW	14.1
01-03-2017	03:10	4.25	5.55	10.1	16.4	NW	14.1
01-03-2017	03:20	4.18	6.53	10.4	17.2	NW	14.1
01-03-2017	03:30	4.64	7.31	10.6	18	NW	14.1
01-03-2017	03:40	4.75	6.21	11.5	17.2	NW	14.1
01-03-2017	03:50	4.86	6.77	11.4	17.2	NW	14.1
01-03-2017	04:00	3.76	5.13	9.8	17.2	NW	14.1
Máximos		8.19	14.46	13.9	25		

TEMPESTADE DE 22-23 DE MARÇO DE 2017

Quadro 41 – Registos da boia ondógrafo de Leixões: 22/03/2017 a 23/03/2017 (fonte: Instituto Hidrográfico)

Data	Hora	Hs (m)	Hmax (m)	Tz (s)	Tmax (s)	Direcção	Temp. (°C)
22-03-2017	08:00	3.79	5.02	8.5	14.8	NW	14
22-03-2017	08:10	3.43	5.24	7.6	14.1	NW	14
22-03-2017	08:20	3.48	6.18	7.1	12.5	NW	14
22-03-2017	08:30	3.65	5.25	8.2	14.1	NW	13.9
22-03-2017	08:40	3.52	5.13	7.3	13.3	NW	13.9
22-03-2017	08:50	3.61	5.72	7.3	14.8	NW	13.9
22-03-2017	09:00	3.94	5.34	8.1	14.8	NW	13.9
22-03-2017	09:10	4.12	5.39	7.8	14.1	NW	13.9
22-03-2017	09:20	3.92	5.8	7.5	14.8	NW	13.9
22-03-2017	09:30	3.91	6.33	8	14.8	NW	13.9
22-03-2017	09:40	3.65	5.61	7.8	14.1	NW	13.9
(...)							
22-03-2017	15:00	4.51	6.89	8.1	15.6	NW	13.9
22-03-2017	15:10	4.48	6.62	8.4	17.2	NW	13.9
22-03-2017	15:20	5.39	9.94	9.1	16.4	NW	13.9
22-03-2017	15:30	4.7	7.18	9	18	NW	13.9
22-03-2017	15:40	4.81	6.31	8.7	14.8	NW	13.9
22-03-2017	15:50	4.63	6.9	8.7	14.8	NW	13.9
22-03-2017	16:00	4.7	6.35	8	16.4	NW	13.9
22-03-2017	16:10	4.49	6.89	8	14.8	NW	13.9
22-03-2017	16:20	3.98	5.66	8.6	16.4	NW	13.9
22-03-2017	16:30	5.35	8.05	8.9	16.4	NW	13.9
22-03-2017	16:40	5.17	8.66	9.5	17.2	NW	13.9

22-03-2017	16:50	4.83	6.86	8.4	16.4	NW	13.9
22-03-2017	17:00	4.56	6.74	9	16.4	NW	13.9
22-03-2017	17:10	5.24	8.45	9.2	17.2	NW	13.9
22-03-2017	17:20	5.42	7.3	9.9	16.4	NW	13.9
22-03-2017	17:30	5.82	7.76	9	15.6	NW	13.9
22-03-2017	17:40	4.83	6.79	9.2	16.4	NW	13.9
22-03-2017	17:50	5.82	9.08	9.5	18	NW	13.9
22-03-2017	18:00	4.9	6.5	8.3	17.2	NW	13.9
22-03-2017	18:10	5.75	7.94	9.6	18	NW	13.9
22-03-2017	18:20	5.97	8.62	10	18.8	NW	13.9
22-03-2017	18:30	5.62	8.31	10.2	16.4	NW	13.9
22-03-2017	18:40	5.81	8.61	9.5	17.2	NW	13.9
22-03-2017	18:50	5.8	7.98	10.2	18.8	NW	13.9
22-03-2017	19:00	5.69	7.57	9.4	16.4	NW	13.9
22-03-2017	19:10	6.24	8.8	11	17.2	NW	13.9
22-03-2017	19:20	5.28	8.27	10.1	20.3	NW	13.9
22-03-2017	19:30	5.94	9.03	10.4	18	NW	13.9
22-03-2017	19:40	5.01	9.17	9.7	17.2	NW	13.9
22-03-2017	19:50	6.12	8.67	10	17.2	NW	13.9
22-03-2017	20:00	6.54	10.99	10.9	17.2	NW	13.9
22-03-2017	20:10	6.15	8.86	10	17.2	NW	13.9
22-03-2017	20:20	5.64	9.68	9.3	20.3	NW	13.9
22-03-2017	20:30	4.91	7.45	9.6	17.2	NW	13.9
22-03-2017	20:40	5.85	8.51	9.5	15.6	NW	13.9
22-03-2017	20:50	5.59	8.33	10.1	17.2	NW	13.9
22-03-2017	21:00	5.41	8.03	10	18.8	NW	13.9
22-03-2017	21:10	5.83	8.99	9.9	18.8	NW	13.9
22-03-2017	21:20	5.61	6.88	10.6	21.9	NW	13.9
22-03-2017	21:30	6.33	9.39	11.2	18.8	NW	13.8
22-03-2017	21:40	5.8	8.39	10.1	17.2	NW	13.8
22-03-2017	21:50	5.59	6.79	10.7	18.8	NW	13.8
22-03-2017	22:00	6.15	10.15	9.4	18.8	NW	13.8
22-03-2017	22:10	6.11	8.47	11.1	18	NW	13.8
22-03-2017	22:20	5.04	6.88	9.3	16.4	NW	13.8
22-03-2017	22:30	4.9	8.52	9	17.2	NW	13.8
22-03-2017	22:40	5.86	7.05	11.3	21.9	NW	13.8
22-03-2017	22:50	5.6	8.61	10.3	18.8	NW	13.8
22-03-2017	23:00	5.73	9.25	10.5	17.2	NW	13.8
22-03-2017	23:10	5.98	8.51	10.5	17.2	NW	13.8
22-03-2017	23:20	5.91	8.62	9.8	18.8	NW	13.8
22-03-2017	23:30	5.09	8.29	10.8	17.2	NW	13.8
22-03-2017	23:40	5.63	8.13	11.3	19.5	NW	13.8
22-03-2017	23:50	5.32	8.02	10.3	17.2	NW	13.8
23-03-2017	00:00	4.77	5.83	10.2	20.3	NW	13.8
23-03-2017	00:10	4.89	6.73	9.4	16.4	NW	13.8
23-03-2017	00:20	5.29	7.19	10.7	20.3	NW	13.8
23-03-2017	00:30	4.75	8.71	10.3	18	NW	13.8
23-03-2017	00:40	5.25	6.91	9.7	16.4	NW	13.8
23-03-2017	00:50	5.15	6.95	10.6	16.4	NW	13.8
23-03-2017	01:00	5.38	7.82	11	18	NW	13.8
23-03-2017	01:10	5.64	7.33	10.3	16.4	NW	13.8
23-03-2017	01:20	6.03	8.28	11.4	18	NW	13.8
23-03-2017	01:30	4.9	7.55	9	17.2	NW	13.8

23-03-2017	01:40	4.81	6.78	10.3	18	NW	13.8
23-03-2017	01:50	4.88	7.25	8.9	18.8	NW	13.8
23-03-2017	02:00	5.62	8.57	9.7	18	NW	13.8
23-03-2017	02:10	5.89	8.5	11	17.2	NW	13.8
23-03-2017	02:20	5.41	7.62	10	18	NW	13.8
23-03-2017	02:30	6.13	11.76	10.7	18	NW	13.8
23-03-2017	02:40	4.89	6.82	9.9	16.4	NW	13.8
23-03-2017	02:50	5.98	10.87	10.9	18.8	NW	13.8
23-03-2017	03:00	5.36	7.5	10.4	17.2	NW	13.8
23-03-2017	03:10	5.33	7.46	9.7	16.4	NW	13.8
23-03-2017	03:20	4.99	7.8	10.1	17.2	NW	13.8
23-03-2017	03:30	4.93	7.7	10.1	16.4	NW	13.8
23-03-2017	03:40	5.29	7.64	9.4	18.8	NW	13.8
23-03-2017	03:50	5.15	6.79	9.3	18.8	NW	13.8
23-03-2017	04:00	4.59	6.66	9.8	17.2	NW	13.8
23-03-2017	04:10	5.4	7.81	11.2	18	NW	13.8
23-03-2017	04:20	4.84	8.02	10.5	17.2	NW	13.8
23-03-2017	04:30	4.65	7.2	9.1	15.6	NW	13.7
23-03-2017	04:40	5.56	8.43	10.3	16.4	NW	13.7
23-03-2017	04:50	4.24	6.27	9.4	18.8	NW	13.7
23-03-2017	05:00	5.38	7.52	11.2	20.3	NW	13.6
23-03-2017	05:10	5.26	8.06	10.6	18.8	NW	13.6
23-03-2017	05:20	5.95	7.85	12.4	20.3	NW	13.6
23-03-2017	05:30	4.61	6.55	9.5	15.6	NW	13.6
23-03-2017	05:40	4.68	6.39	10.8	19.5	NW	13.6
23-03-2017	05:50	4.49	6.78	9.6	17.2	NW	13.6
23-03-2017	06:00	4.81	7.06	9.7	15.6	NW	13.6
23-03-2017	06:10	4.66	7.98	10.3	17.2	NW	13.6
23-03-2017	06:20	5.38	7.23	10	17.2	NW	13.6
23-03-2017	06:30	4.79	7.52	9.7	17.2	NW	13.6
23-03-2017	06:40	4.39	6.96	8.7	18	NW	13.6
23-03-2017	06:50	5.32	7.35	10.3	17.2	NW	13.6
23-03-2017	07:00	4.41	6.48	9	16.4	NW	13.6
(...)							
23-03-2017	14:00	4.93	7.69	9.2	17.2	NW	13.5
23-03-2017	14:10	4.31	5.93	8.3	15.6	NW	13.5
23-03-2017	14:20	4.19	6.39	8.9	15.6	NW	13.5
23-03-2017	14:30	4.56	6.52	9.4	16.4	NW	13.5
23-03-2017	14:40	4.59	6.66	9.7	17.2	NW	13.5
23-03-2017	14:50	4.19	8.4	9.1	15.6	NW	13.5
23-03-2017	15:00	4.56	5.87	9.7	15.6	NW	13.6
23-03-2017	15:10	4.27	6.39	9	16.4	NW	13.6
23-03-2017	15:20	5.16	6.86	10.2	15.6	NW	13.6
23-03-2017	15:30	4.25	5.94	9.5	18	NW	13.6
23-03-2017	15:40	4.88	6.02	10.3	15.6	NW	13.6
23-03-2017	15:50	4.27	7.32	8.7	16.4	NW	13.6
23-03-2017	16:00	4.91	8.22	9.7	16.4	NW	13.6
23-03-2017	16:10	4.53	7.54	9.5	17.2	NW	13.6
23-03-2017	16:20	4.19	6.11	8.9	14.8	NW	13.6
23-03-2017	16:30	4.9	7.15	9.8	14.8	NW	13.6

23-03-2017	16:40	4.59	6.75	9.9	15.6	NW	13.6
23-03-2017	16:50	4.2	5.89	8.9	16.4	NW	13.6
23-03-2017	17:00	4.5	7.7	9.6	14.8	NW	13.6
23-03-2017	17:10	4.47	6.34	9.3	14.8	NW	13.6
23-03-2017	17:20	4.58	6.61	9.5	18.8	NW	13.6
23-03-2017	17:30	5.02	8.14	9.8	15.6	NW	13.6
(...)							
23-03-2017	21:00	4.44	7.07	9.3	15.6	NW	13.4
23-03-2017	21:10	3.88	8.36	8.8	15.6	NW	13.4
23-03-2017	21:20	4.09	6.1	9.6	16.4	NW	13.4
23-03-2017	21:30	3.85	5.79	9.5	17.2	NW	13.5
23-03-2017	21:40	3.84	5.03	9	14.8	NW	13.5
23-03-2017	21:50	4.01	5.39	8.8	15.6	NW	13.5
23-03-2017	22:00	3.88	4.82	9.1	14.8	NW	13.4
Máximos		6.54	11.76	12.4	21.9		

ANEXO VIII
MONITORIZAÇÃO DA PRAIA DO
PEDRÓGÃO ENTRE DEZEMBRO
2016 E JUNHO 2017

PRAIA NORTE

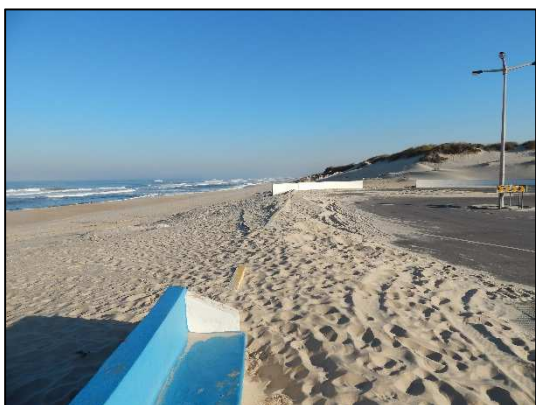


Fig. 218 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(12/01/2017)



Fig. 219 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(02/02/2017)



Fig. 220 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(05/02/2017)



Fig. 221 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(10/02/2017)

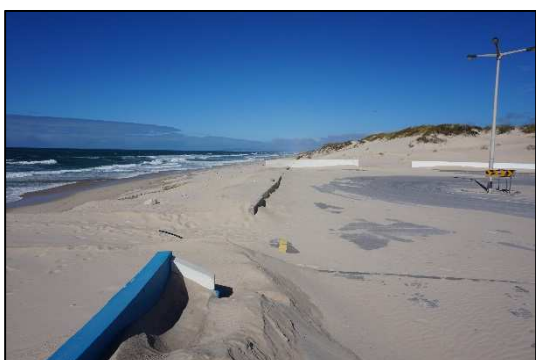


Fig. 222 – Praia Norte: rotunda marginal norte
(11/03/2017)



Fig. 223 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(14/04/2017)



Fig. 224 – Praia Norte: rotunda Marginal norte
(08/05/2017)



Fig. 225 – Praia Norte: rotunda marginal norte
(17/06/2017)



Fig. 226 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(28/01/2017)



Fig. 227 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(05/02/2017)



Fig. 228 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(10/02/2017)



Fig. 229 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(28/02/2014)



Fig. 230 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(02/04/2017)



Fig. 231 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(08/05/2017)



Fig. 232 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(05/06/2017)



Fig. 233 – Praia Norte: zona da foz do ribeiro
(17/06/2017)

PRAIA CENTRAL

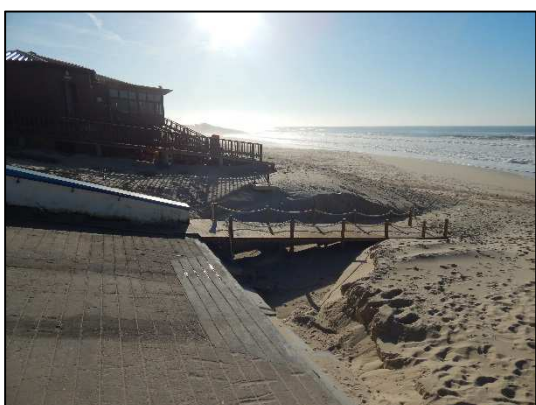


Fig. 234 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(27/12/2016)



Fig. 235 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(05/02/2017)

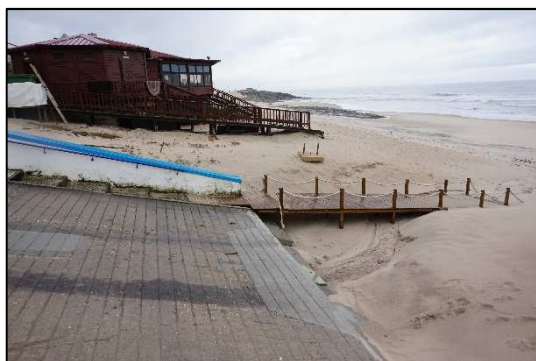


Fig. 236 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(12/02/2017)



Fig. 237 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(28/02/2017)



Fig. 238 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(11/03/2017)

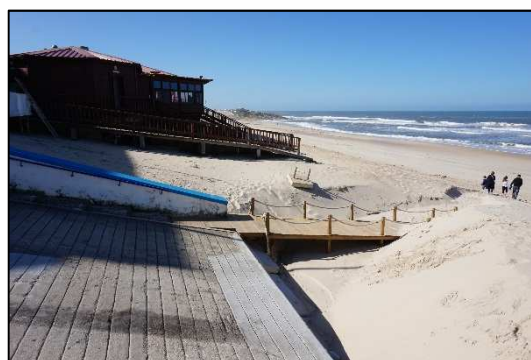


Fig. 239 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(02/04/2017)

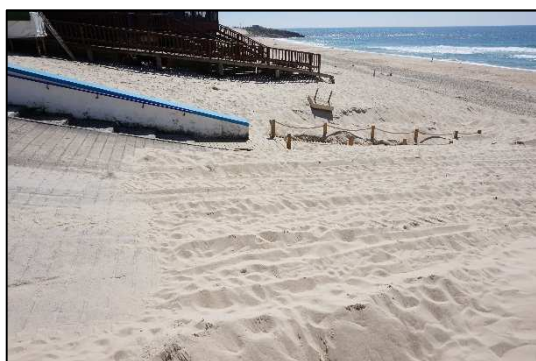


Fig. 240 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(14/04/2017)



Fig. 241 – Praia Central: rampa de acesso à praia
(17/06/2017)



Fig. 242 – Praia Central: zona de descarga de águas pluviais (12/01/2017)



Fig. 243 – Praia Central: zona de descarga de águas pluviais (05/02/2017)



Fig. 244 – Praia Central: zona de descarga de águas pluviais (11/03/2017)



Fig. 245 – Praia Central: zona de descarga de águas pluviais (27/03/2017)



Fig. 246 – Praia Central: zona de descarga de águas pluviais (08/05/2017)



Fig. 247 – Praia Central: zona de descargas de águas pluviais (17/06/2017)



Fig. 248 – Praia Central: vista para o promontório
(28/01/2017)



Fig. 249 – Praia Central: vista para o promontório
(02/02/2017)



Fig. 250 – Praia Central: vista para o promontório
(05/02/2017)



Fig. 251 – Praia Central: vista para o promontório
(10/02/2017)



Fig. 252 – Praia Central: vista para o promontório
(12/02/2017)



Fig. 253 – Praia Central: vista para o promontório
(28/02/2017)



Fig. 254 – Praia Central: vista para o promontório
(27/03/2017)

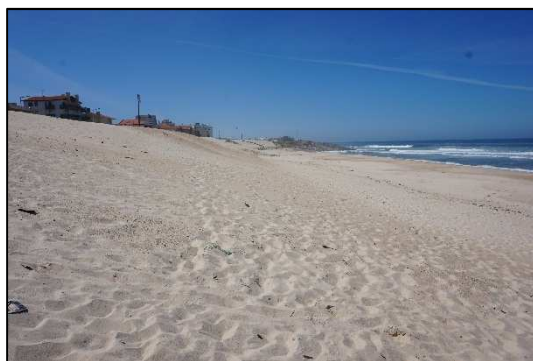


Fig. 255 – Praia Central: vista para o promontório
(08/05/2017)



Fig. 256 – Praia Central: vista para o promontório
(05/06/2017)



Fig. 257 – Praia Central: vista para o promontório
(17/06/2017)



Fig. 258 – Praia Central: vista do promontório
(27/12/2016)



Fig. 259 – Praia Central: vista do promontório
(12/01/2017)



Fig. 260 – Praia Central: vista do promontório
(03/02/2017)



Fig. 261 – Praia Central: vista do promontório
(05/02/2017)



Fig. 262 – Praia Central: vista do promontório
(28/02/2017)



Fig. 263 – Praia Central: vista do promontório
(27/03/2017)

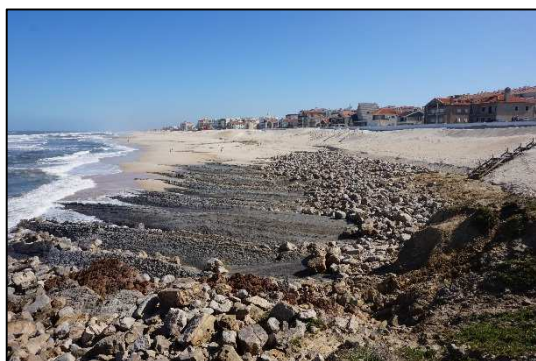


Fig. 264 – Praia Central: vista do promontório
(02/04/2017)



Fig. 265 – Praia Central: vista do promontório
(14/04/2017)



Fig. 266 – Praia Central: vista do promontório
(22/04/2017)



Fig. 267 – Praia Central: vista do promontório
(08/05/2017)



Fig. 268 – Praia Central: vista do promontório
(25/05/2017)



Fig. 269 – Praia Central: vista do promontório
(17/06/2017)

PRAIA SUL



Fig. 270 – Praia Sul: vista do promontório
(24/01/2017)



Fig. 271 – Praia Sul: vista do promontório
(02/02/2017)



Fig. 272 – Praia Sul: vista do promontório
(03/02/2017)



Fig. 273 – Praia Sul: vista do promontório
(10/02/2017)



Fig. 274 – Praia Sul: vista do promontório
(12/02/2017)



Fig. 275 – Praia Sul: vista do promontório
(27/03/2017)



Fig. 276 – Praia Sul: vista do promontório
(14/04/2017)



Fig. 277 – Praia Sul: vista do promontório
(17/06/2017)



Fig. 278 – Praia Sul: vista para o promontório
(28/01/2017)



Fig. 279 – Praia Sul: vista para o promontório
(02/02/2017)



Fig. 280 – Praia Sul: vista para o promontório
(05/02/2017)



Fig. 281 – Praia Sul: vista para o promontório
(10/02/2017)



Fig. 282 – Praia Sul: vista para o promontório
(12/02/2017)



Fig. 283 – Praia Sul: vista para o promontório
(28/02/2017)



Fig. 284 – Praia Sul: vista para o promontório
(27/03/2017)



Fig. 285 – Praia Sul: vista para o promontório
(22/04/2017)

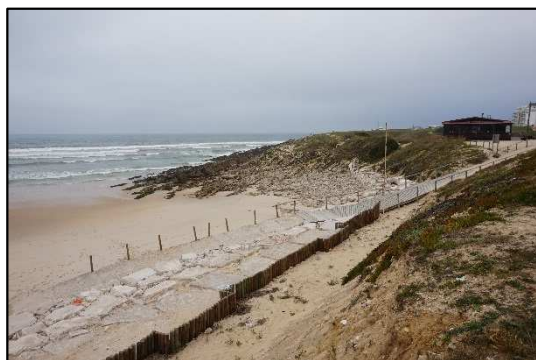


Fig. 286 – Praia Sul: vista para o promontório
(25/05/2017)



Fig. 287 – Praia Sul: vista para o promontório
(17/06/2017)

ANEXO IX
ALTURAS DE ONDA
SIGNIFICATIVAS EM FUNÇÃO DO
PERÍODO DE RETORNO

METODOLOGIA DE CÁLCULO

1) Ordenar os valores das alturas de onda significativas por ordem decrescente

2) Calcular a probabilidade ou posição gráfica:

a. Weibull: $F(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.20-\frac{0.27}{\sqrt{k}}}{N+0.20+\frac{0.23}{\sqrt{k}}}$

com $k = 0.75, 1.0$ (distribuição normal), 1.4 e 2.0

b. Fisher-Tippet I: $F(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.44}{N+0.12}$

em que:

H_s – altura de onda significativa (m);

H_{sm} – m-ésimo valor das alturas de onda significativas existente (m);

$F(H_s \leq H_{sm})$ – probabilidade da m-ésima altura de onda significativa não ser excedida;

m – número de ordem das alturas de onda significativas no registo (1, 2, ..., N);

N – número total de alturas de onda significativas do registo, obtido em K anos.

Nota: considerou-se apenas o máximo registo anual das alturas de onda significativas ($N=K$).

3) Calcular os parâmetros A e B: $H_{sm} = Ay_m + B$

a. Weibull: $y_m = (-\ln(1 - F(H_s \leq H_{sm})))^{1/k}$

com $k = 0.75, 1.0$ (distribuição normal), 1.4 e 2.0

b. Fisher-Tippet I: $y_m = -\ln(-\ln(F(H_s \leq H_{sm})))$

4) Determinar o período de retorno (T_r)

5) Inferir a altura de onda significativa associada a um período de retorno:

$$P = 1 - \frac{1}{\lambda \times T_r}$$

$$H_{sr} = Ay_r + B$$

a. Weibull: $y_r = (\ln(\lambda \times T_r))^{1/k}$

com $k = 0.75, 1.0$ (distribuição normal), 1.4 e 2.0

b. Fisher-Tippet I: $y_r = -\ln\left(-\ln\left(1 - \frac{1}{\lambda \times T_r}\right)\right)$

em que:

P – probabilidade de excedência de um evento em T_r anos;

H_{sr} – altura de onda significativa para um período de retorno de T_r anos;

$\lambda=N/K$ – número médio de registos por ano;

N – número total de alturas de onda significativas do registo, obtido em K anos.

6) Avaliar os intervalos de confiança segundo Goda (1988):

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} (1.0 + \alpha(y_r - C + \varepsilon \ln v)^2)^{1/2}$$

com: $\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.3} + K_1 \sqrt{-\ln v}}$

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \times \sigma_{Hs}$$

Quadro 42 – Níveis de confiança (Goda, 1988)

Nível de confiança	80%	90%	95%	99%
Limites do intervalo de confiança em relação a H_{sr}	$\pm 1.28 \sigma_r$	$\pm 1.65 \sigma_r$	$\pm 1.96 \sigma_r$	$\pm 2.58 \sigma_r$
Probabilidade de excedência do limite superior	10.0%	5.0%	2.5%	0.5%

em que:

σ_r – erro padrão de altura de onda significativa com período de retorno de T_r anos;

σ_{Hs} – desvio padrão das alturas de onda significativas;

σ_r – desvio padrão normalizado de uma altura de onda significativa com um período de retorno de T_r anos;

$v=N/K$ – parâmetro;

$\alpha_1, \alpha_2, C, \varepsilon$ e K_1 – coeficientes empíricos.

Quadro 43 – Valores dos coeficientes empíricos (Goda, 1988)

Distribuição	α_1	α_2	K_1	C	ε
FT-I	0.64	9.0	0.93	0.00	1.33
Weibull (k=0.75)	1.65	11.4	-0.63	0.00	1.15
Weibull (k=1.0)	1.92	11.4	0.00	0.30	0.90
Weibull (k=1.4)	2.05	11.4	0.69	0.40	0.72
Weibull (k=2.0)	2.24	11.4	1.34	0.50	0.54

SÉRIE 1996-2016

Para esta série de valores foram considerados os registos máximos anuais das alturas de ondas significativas da boia ondógrafo de Leixões, calculadas pelo método espectral (H_{m0}), entre 1996 e 2016.

$$N = K = 21 \text{ anos}$$

Quadro 44 – Série 1996-2016: alturas de onda significativas

Ano	H_{m0} (m)
1996	7.11
1997	7.66
1998	8.80
1999	7.81
2000	6.67
2001	4.53
2002	7.72

2003	9.70
2004	6.61
2005	8.12
2006	8.52
2007	7.61
2008	8.53
2009	8.96
2010	9.01
2011	7.96
2012	6.73
2013	9.26
2014	9.45
2015	7.33
2016	8.39

Quadro 45 – Série 1996-2016: $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Weibull)

Hs (m)	m	Weibull							
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0	
		F(Hs≤Hsm)	ym	F(Hs≤Hsm)	ym	F(Hs≤Hsm)	ym	F(Hs≤Hsm)	ym
9.70	1	0.977255	5.895388	0.975268	3.699670	0.973273	2.507585	0.971488	1.886120
9.45	2	0.930669	3.701988	0.928605	2.639524	0.926532	1.984758	0.924678	1.608098
9.26	3	0.884083	2.783324	0.881941	2.136573	0.879791	1.709544	0.877867	1.450050
9.01	4	0.837497	2.217300	0.835278	1.803494	0.833049	1.515720	0.831056	1.333488
8.96	5	0.790910	1.816978	0.788614	1.554070	0.786308	1.363299	0.784246	1.238392
8.80	6	0.744324	1.512469	0.741951	1.354604	0.739567	1.236058	0.737435	1.156398
8.53	7	0.697738	1.270178	0.695287	1.188385	0.692826	1.125728	0.690624	1.083143
8.52	8	0.651152	1.071444	0.648623	1.045897	0.646084	1.027490	0.643814	1.016022
8.39	9	0.604566	0.904872	0.601960	0.921202	0.599343	0.938264	0.597003	0.953324
8.12	10	0.557979	0.763021	0.555296	0.810347	0.552602	0.855941	0.550192	0.893831
7.96	11	0.511393	0.640782	0.508633	0.710563	0.505861	0.778998	0.503381	0.836620
7.81	12	0.464807	0.534513	0.461969	0.619839	0.459119	0.706273	0.456571	0.780933
7.72	13	0.418221	0.441543	0.415306	0.536666	0.412378	0.636841	0.409760	0.726103
7.66	14	0.371634	0.359871	0.368642	0.459882	0.365637	0.569920	0.362949	0.671495
7.61	15	0.325048	0.287977	0.321979	0.388576	0.318896	0.504808	0.316139	0.616441
7.33	16	0.278462	0.224706	0.275315	0.322018	0.272154	0.440824	0.269328	0.560170
7.11	17	0.231876	0.169190	0.228651	0.259615	0.225413	0.377240	0.222517	0.501691
6.73	18	0.185290	0.120815	0.181988	0.200878	0.178672	0.313173	0.175706	0.439578
6.67	19	0.138703	0.079215	0.135324	0.145401	0.131931	0.247378	0.128896	0.371475
6.61	20	0.092117	0.044348	0.088661	0.092840	0.085190	0.177704	0.082085	0.292661
4.53	21	0.045531	0.016769	0.041997	0.042905	0.038448	0.098914	0.035274	0.189503

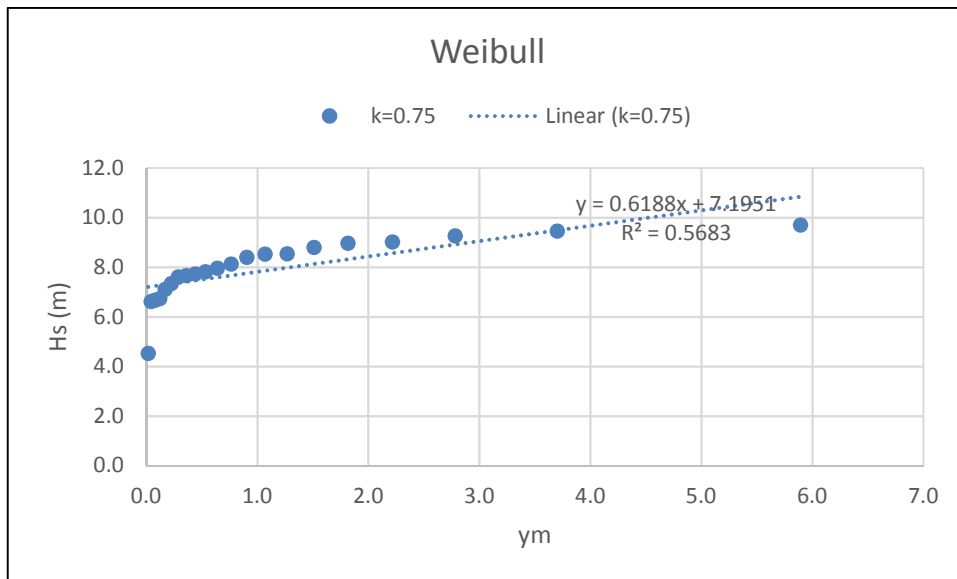


Fig. 288 – Série 1996-2016: regressão linear (Weibull: k=0.75)

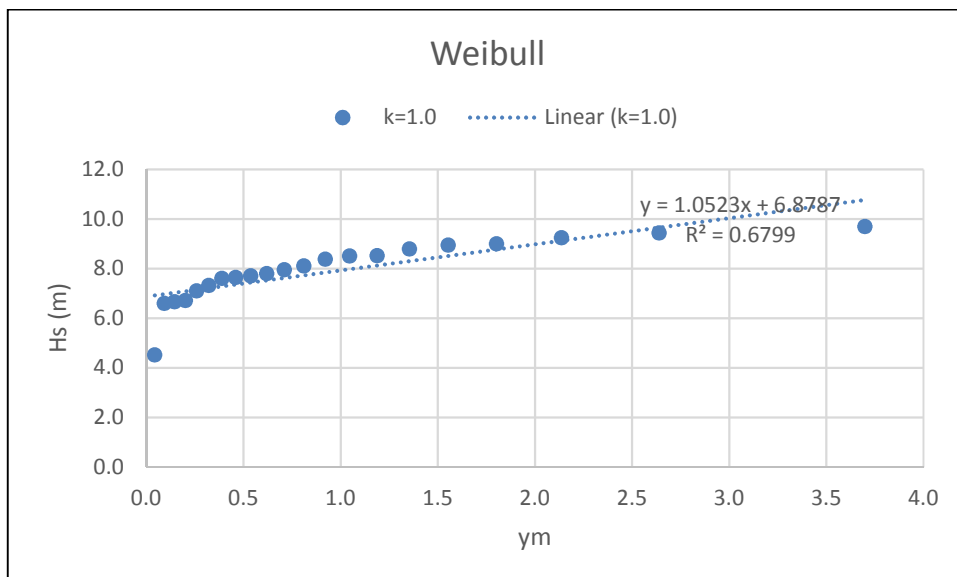


Fig. 289 – Série 1996-2016: regressão linear (Weibull: k=1.0)

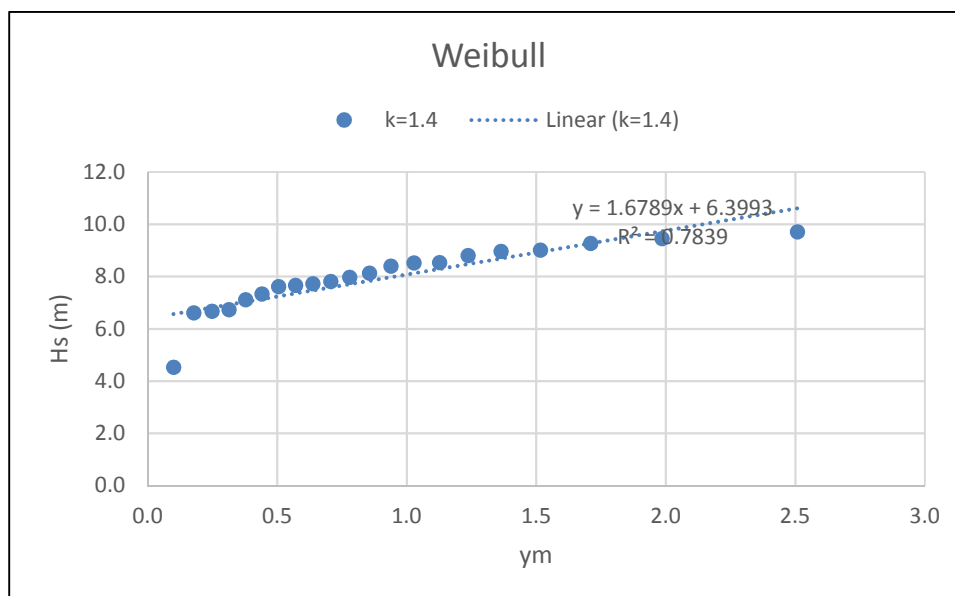


Fig. 290 – Série 1996-2016: regressão linear (Weibull: k=1.4)

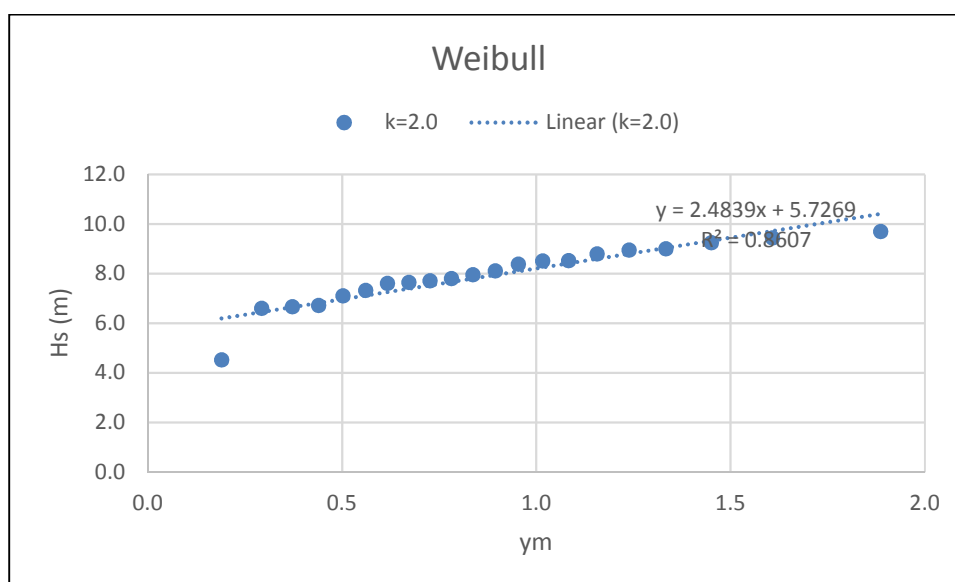


Fig. 291 – Série 1996-2016: regressão linear (Weibull: k=2.0)

Quadro 46 – Série 1996-2016: $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Fisher-Tippet I)

Hs (m)	m	Fisher-Tippet I	
		$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m
9.70	1	0.973485	3.616633
9.45	2	0.926136	2.567413
9.26	3	0.878788	2.046303
9.01	4	0.831439	1.689581
8.96	5	0.784091	1.413747
8.80	6	0.736742	1.185750
8.53	7	0.689394	0.989016

8.52	8	0.642045	0.813968
8.39	9	0.594697	0.654497
8.12	10	0.547348	0.506386
7.96	11	0.500000	0.366513
7.81	12	0.452652	0.232395
7.72	13	0.405303	0.101900
7.66	14	0.357955	-0.026982
7.61	15	0.310606	-0.156345
7.33	16	0.263258	-0.288648
7.11	17	0.215909	-0.427160
6.73	18	0.168561	-0.576872
6.67	19	0.121212	-0.746789
6.61	20	0.073864	-0.957638
4.53	21	0.026515	-1.289243

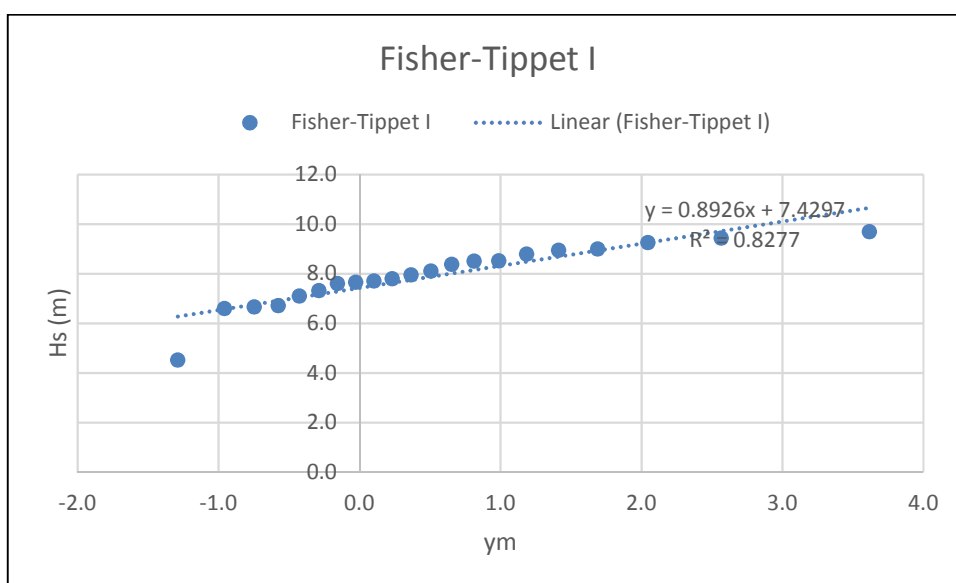


Fig. 292 – Série 1996-2016: regressão linear (Fisher-Tippet I)

Quadro 47 – Série 1996-2016: P, H_{sr} e y_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	P (%)	Weibull								Fisher-Tippet I	
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		yr	Hsr (m)
		yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)		
10	90.00%	3.04056	9.08	2.30259	9.30	1.81437	9.45	1.51743	9.50	2.25037	9.44
20	95.00%	4.31854	9.87	2.99573	10.03	2.18957	10.08	1.73082	10.03	2.97020	10.08
30	96.67%	5.11496	10.36	3.40120	10.46	2.39738	10.42	1.84423	10.31	3.38429	10.45
40	97.50%	5.69980	10.72	3.68888	10.76	2.54053	10.66	1.92065	10.50	3.67625	10.71
50	98.00%	6.16408	11.01	3.91202	11.00	2.64938	10.85	1.97788	10.64	3.90194	10.91
60	98.33%	6.55007	11.25	4.09434	11.19	2.73700	10.99	2.02345	10.75	4.08595	11.08
100	99.00%	7.66174	11.94	4.60517	11.72	2.97678	11.40	2.14597	11.06	4.60015	11.54

Quadro 48 – Série 1996-2016: α (Weibull e Fisher-Tippet I)

	Weibull				Fisher-Tippet I
	k=0.75	k=1.0	k=1.4	k=2.0	
α	2.051469	2.387164	2.548795	2.785025	0.760062

$$\sigma_{H_S} = 1.170064$$

Quadro 49 – Série 1996-2016: σ_{nr} e σ_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Weibull								Fisher-Tippet I	
	k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		σ_{nr}	σ_r
	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r
10	0.97507	1.14087	0.70957	0.83023	0.53890	0.63054	0.43000	0.50312	0.48053	0.56224
20	1.36730	1.59980	0.93471	1.09366	0.66054	0.77287	0.49853	0.58330	0.60574	0.70874
30	1.61352	1.88789	1.06812	1.24975	0.72927	0.85328	0.53597	0.62710	0.67982	0.79542
40	1.79480	2.10000	1.16323	1.36104	0.77700	0.90912	0.56150	0.65698	0.73264	0.85723
50	1.93892	2.26862	1.23721	1.44760	0.81346	0.95179	0.58076	0.67951	0.77374	0.90531
60	2.05884	2.40893	1.29777	1.51845	0.84291	0.98624	0.59617	0.69754	0.80738	0.94468
100	2.40462	2.81351	1.46783	1.71743	0.92385	1.08095	0.63790	0.74637	0.90195	1.05533

Quadro 50 – Série 1996-2016: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=0.75)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=0.75							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.08	7.62	10.54	7.19	10.96	6.84	11.31	6.13	12.02
20	9.87	7.82	11.92	7.23	12.51	6.73	13.00	5.74	13.99
30	10.36	7.94	12.78	7.25	13.48	6.66	14.06	5.49	15.23
40	10.72	8.03	13.41	7.26	14.19	6.61	14.84	5.30	16.14
50	11.01	8.11	13.91	7.27	14.75	6.56	15.46	5.16	16.86
60	11.25	8.16	14.33	7.27	15.22	6.53	15.97	5.03	17.46
100	11.94	8.33	15.54	7.29	16.58	6.42	17.45	4.68	19.20

Quadro 51 – Série 1996-2016: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=1.0)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=1.0							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.30	8.24	10.36	7.93	10.67	7.67	10.93	7.16	11.44
20	10.03	8.63	11.43	8.23	11.84	7.89	12.17	7.21	12.85
30	10.46	8.86	12.06	8.40	12.52	8.01	12.91	7.23	13.68
40	10.76	9.02	12.50	8.51	13.01	8.09	13.43	7.25	14.27
50	11.00	9.14	12.85	8.61	13.38	8.16	13.83	7.26	14.73
60	11.19	9.24	13.13	8.68	13.69	8.21	14.16	7.27	15.10
100	11.72	9.53	13.92	8.89	14.56	8.36	15.09	7.29	16.16

Quadro 52 – Série 1996-2016: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=1.4$)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: $k=1.4$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.45	8.64	10.25	8.41	10.49	8.21	10.68	7.82	11.07
20	10.08	9.09	11.06	8.80	11.35	8.56	11.59	8.08	12.07
30	10.42	9.33	11.52	9.02	11.83	8.75	12.10	8.22	12.63
40	10.66	9.50	11.83	9.16	12.16	8.88	12.45	8.32	13.01
50	10.85	9.63	12.07	9.28	12.42	8.98	12.71	8.39	13.30
60	10.99	9.73	12.26	9.37	12.62	9.06	12.93	8.45	13.54
100	11.40	10.01	12.78	9.61	13.18	9.28	13.52	8.61	14.19

Quadro 53 – Série 1996-2016: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: $k=2.0$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.50	8.85	10.14	8.67	10.33	8.51	10.48	8.20	10.79
20	10.03	9.28	10.77	9.06	10.99	8.88	11.17	8.52	11.53
30	10.31	9.51	11.11	9.27	11.34	9.08	11.54	8.69	11.93
40	10.50	9.66	11.34	9.41	11.58	9.21	11.79	8.80	12.19
50	10.64	9.77	11.51	9.52	11.76	9.31	11.97	8.89	12.39
60	10.75	9.86	11.65	9.60	11.90	9.39	12.12	8.95	12.55
100	11.06	10.10	12.01	9.83	12.29	9.59	12.52	9.13	12.98

Quadro 54 – Série 1996-2016: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Hsr (m)	Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.44	8.72	10.16	8.51	10.37	8.34	10.54	7.99	10.89
20	10.08	9.17	10.99	8.91	11.25	8.69	11.47	8.25	11.91
30	10.45	9.43	11.47	9.14	11.76	8.89	12.01	8.40	12.50
40	10.71	9.61	11.81	9.30	12.13	9.03	12.39	8.50	12.92
50	10.91	9.75	12.07	9.42	12.41	9.14	12.69	8.58	13.25
60	11.08	9.87	12.29	9.52	12.64	9.23	12.93	8.64	13.51
100	11.54	10.18	12.89	9.79	13.28	9.47	13.60	8.81	14.26

SÉRIE 1996-2016 (CORRIGIDA)

Para esta série de valores foram considerados os registos máximos anuais das alturas de ondas significativas da boia ondógrafo de Leixões, calculadas pelo método espectral (H_{m0}), entre 1996 e 2016, excluindo o registo de 2001 ($H_{m0}=4.20$ m) por se considerar um valor anormalmente baixo.

$$N = K = 20 \text{ anos}$$

Quadro 55 – Série 1996-2016 (corrigida): alturas de onda significativas

Ano	Hm0 (m)
1996	7.11
1997	7.66
1998	8.80
1999	7.81
2000	6.67
2002	7.72
2003	9.70
2004	6.61
2005	8.12
2006	8.52
2007	7.61
2008	8.53
2009	8.96
2010	9.01
2011	7.96
2012	6.73
2013	9.26
2014	9.45
2015	7.33
2016	8.39

Quadro 56 – Série 1996-2016 (corrigida): $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Weibull)

Hs (m)	m	Weibull							
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0	
		$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m
9.70	1	0.976144	5.796481	0.974058	3.651883	0.971962	2.483869	0.970088	1.873367
9.45	2	0.927281	3.614020	0.925110	2.591737	0.922929	1.958697	0.920979	1.593122
9.26	3	0.878419	2.701470	0.876163	2.088785	0.873896	1.681863	0.871869	1.433424
9.01	4	0.829556	2.140022	0.827215	1.755707	0.824863	1.486657	0.822760	1.315389
8.96	5	0.780694	1.743505	0.778267	1.506282	0.775830	1.332958	0.773650	1.218882
8.80	6	0.731831	1.442344	0.729320	1.306817	0.726797	1.204483	0.724540	1.135480
8.53	7	0.682969	1.203104	0.680372	1.140597	0.677764	1.092926	0.675431	1.060781
8.52	8	0.634106	1.007222	0.631424	0.998109	0.628731	0.993440	0.626321	0.992149
8.39	9	0.585244	0.843372	0.582477	0.873415	0.579698	0.902921	0.577212	0.927838
8.12	10	0.536381	0.704158	0.533529	0.762560	0.530665	0.819237	0.528102	0.866599
7.96	11	0.487519	0.584513	0.484581	0.662776	0.481631	0.740836	0.478993	0.807460
7.81	12	0.438656	0.480829	0.435634	0.572052	0.432598	0.666526	0.429883	0.749609
7.72	13	0.389793	0.390469	0.386686	0.488879	0.383565	0.595337	0.380774	0.692304
7.66	14	0.340931	0.311468	0.337739	0.412095	0.334532	0.526430	0.331664	0.634795
7.61	15	0.292068	0.242350	0.288791	0.340789	0.285499	0.459017	0.282554	0.576245
7.33	16	0.243206	0.182015	0.239843	0.274231	0.236466	0.392282	0.233445	0.515605
7.11	17	0.194343	0.129678	0.190896	0.211827	0.187433	0.325267	0.184335	0.451389
6.73	18	0.145481	0.084852	0.141948	0.153091	0.138400	0.256651	0.135226	0.381165
6.67	19	0.096618	0.047415	0.093000	0.097613	0.089367	0.184182	0.086116	0.300086
6.61	20	0.047756	0.017898	0.044053	0.045053	0.040334	0.102426	0.037007	0.194188

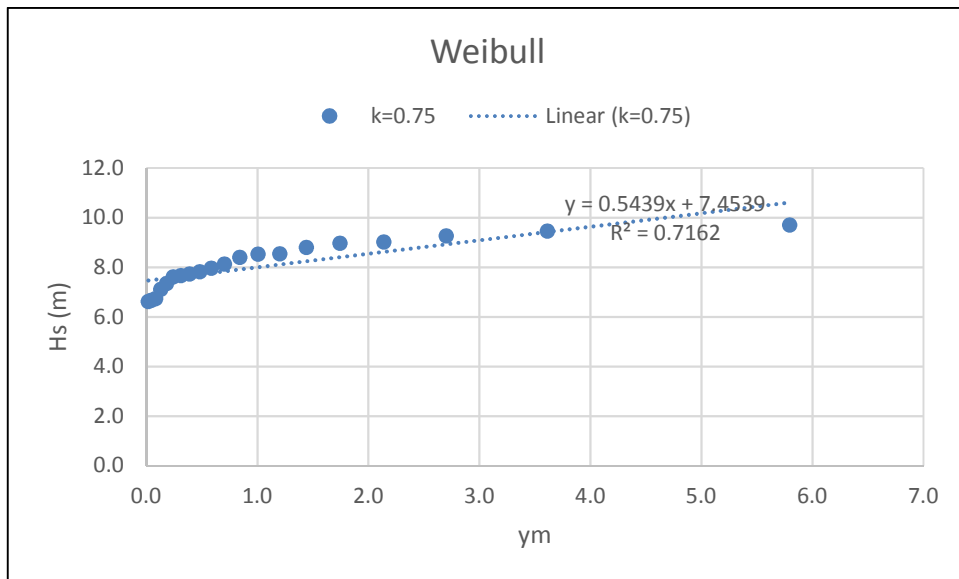


Fig. 293 – Série 1996-2016 (corrigida): regressão linear (Weibull: $k=0.75$)

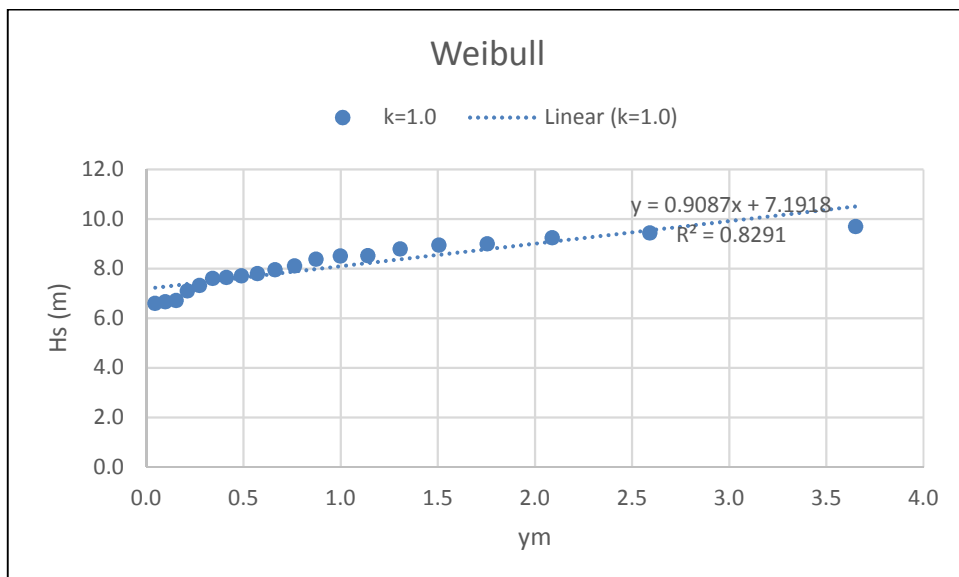


Fig. 294 – Série 1996-2016 (corrigida): regressão linear (Weibull: $k=1.0$)

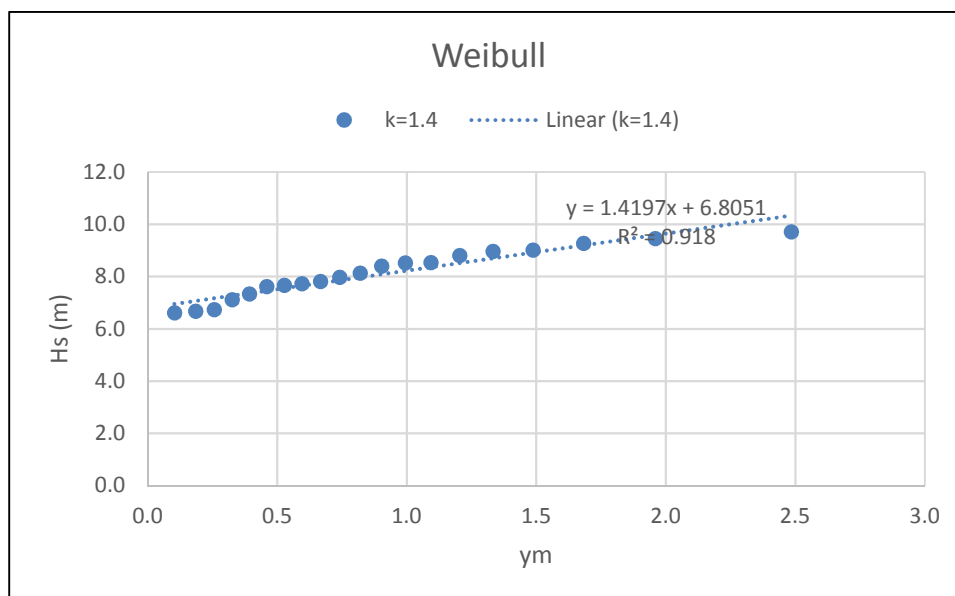


Fig. 295 – Série 1996-2016 (corrigida): regressão linear (Weibull: k=1.4)

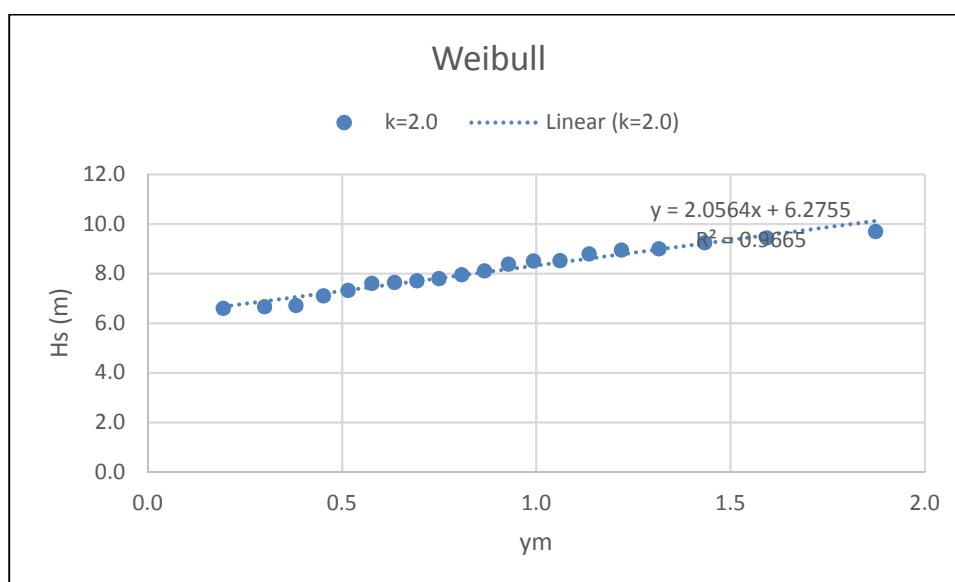


Fig. 296 – Série 1996-2016 (corrigida): regressão linear (Weibull: k=2.0)

Quadro 57 – Série 1996-2016 (corrigida): $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Fisher-Tippet I)

Hs (m)	m	Fisher-Tippet I	
		$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m
9.70	1	0.972167	3.567452
9.45	2	0.922465	2.516947
9.26	3	0.872763	1.994433
9.01	4	0.823062	1.636171
8.96	5	0.77336	1.358637
8.80	6	0.723658	1.128753
8.53	7	0.673956	0.929908
8.52	8	0.624254	0.752479

8.39	9	0.574553	0.590296
8.12	10	0.524851	0.439062
7.96	11	0.475149	0.295544
7.81	12	0.425447	0.157105
7.72	13	0.375746	0.021384
7.66	14	0.326044	-0.11397
7.61	15	0.276342	-0.25163
7.33	16	0.22664	-0.39501
7.11	17	0.176938	-0.54925
6.73	18	0.127237	-0.72353
6.67	19	0.077535	-0.93885
6.61	20	0.027833	-1.27579

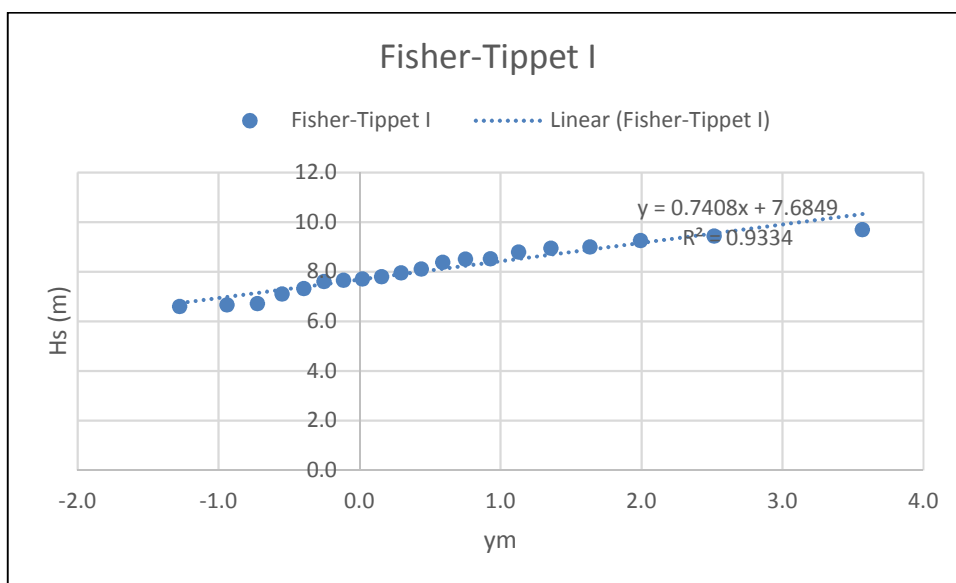


Fig. 297 – Série 1996-2016 (corrigida): regressão linear (Fisher-Tippet I)

Quadro 58 – Série 1996-2016 (corrigida): P, H_{sr} e y_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	P (%)	Weibull								Fisher-Tippet I	
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		yr	Hsr (m)
		yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)		
10	90.00%	3.04056	9.11	2.30259	9.28	1.81437	9.38	1.51743	9.40	2.25037	9.35
20	95.00%	4.31854	9.80	2.99573	9.91	2.18957	9.91	1.73082	9.83	2.97020	9.89
30	96.67%	5.11496	10.24	3.40120	10.28	2.39738	10.21	1.84423	10.07	3.38429	10.19
40	97.50%	5.69980	10.55	3.68888	10.54	2.54053	10.41	1.92065	10.23	3.67625	10.41
50	98.00%	6.16408	10.81	3.91202	10.75	2.64938	10.57	1.97788	10.34	3.90194	10.58
60	98.33%	6.55007	11.02	4.09434	10.91	2.73700	10.69	2.02345	10.44	4.08595	10.71
100	99.00%	7.66174	11.62	4.60517	11.38	2.97678	11.03	2.14597	10.69	4.60015	11.09

Quadro 59 – Série 1996-2016 (corrigida): α (Weibull e Fisher-Tippet I)

	Weibull				Fisher-Tippet I
	k=0.75	k=1.0	k=1.4	k=2.0	
α	2.080934	2.421451	2.585403	2.825026	0.768668

$$\sigma_{Hs} = 0.911816$$

Quadro 60 – Série 1996-2016 (corrigida): σ_{nr} e σ_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Weibull								Fisher-Tippet I	
	k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		σ_{nr}	σ_r
	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r
10	1.00594	0.91723	0.73181	0.66727	0.55552	0.50653	0.44296	0.40390	0.49460	0.45099
20	1.41083	1.28642	0.96428	0.87924	0.68117	0.62110	0.51379	0.46849	0.62375	0.56874
30	1.66498	1.51816	1.10200	1.00482	0.75215	0.68582	0.55248	0.50376	0.70014	0.63840
40	1.85209	1.68877	1.20019	1.09435	0.80144	0.73076	0.57886	0.52781	0.75460	0.68806
50	2.00084	1.82440	1.27656	1.16399	0.83909	0.76509	0.59876	0.54596	0.79696	0.72669
60	2.12461	1.93725	1.33906	1.22098	0.86949	0.79282	0.61468	0.56047	0.83165	0.75831
100	2.48149	2.26266	1.51460	1.38104	0.95306	0.86902	0.65778	0.59978	0.92914	0.84721

Quadro 61 – Série 1996-2016 (corrigida): H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=0.75)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=0.75							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.11	7.93	10.28	7.59	10.62	7.31	10.91	6.74	11.47
20	9.80	8.16	11.45	7.68	11.93	7.28	12.32	6.48	13.12
30	10.24	8.29	12.18	7.73	12.74	7.26	13.21	6.32	14.15
40	10.55	8.39	12.72	7.77	13.34	7.24	13.86	6.20	14.91
50	10.81	8.47	13.14	7.80	13.82	7.23	14.38	6.10	15.51
60	11.02	8.54	13.50	7.82	14.21	7.22	14.81	6.02	16.01
100	11.62	8.72	14.52	7.89	15.35	7.19	16.06	5.78	17.46

Quadro 62 – Série 1996-2016 (corrigida): H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=1.0)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=1.0							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.28	8.43	10.14	8.18	10.39	7.98	10.59	7.56	11.01
20	9.91	8.79	11.04	8.46	11.36	8.19	11.64	7.65	12.18
30	10.28	9.00	11.57	8.62	11.94	8.31	12.25	7.69	12.87
40	10.54	9.14	11.94	8.74	12.35	8.40	12.69	7.72	13.37
50	10.75	9.26	12.24	8.83	12.67	8.47	13.03	7.74	13.75
60	10.91	9.35	12.48	8.90	12.93	8.52	13.31	7.76	14.06
100	11.38	9.61	13.14	9.10	13.66	8.67	14.08	7.81	14.94

Quadro 63 – Série 1996-2016 (corrigida): H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=1.4$)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: $k=1.4$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.38	8.73	10.03	8.55	10.22	8.39	10.37	8.07	10.69
20	9.91	9.12	10.71	8.89	10.94	8.70	11.13	8.31	11.52
30	10.21	9.33	11.09	9.08	11.34	8.86	11.55	8.44	11.98
40	10.41	9.48	11.35	9.21	11.62	8.98	11.84	8.53	12.30
50	10.57	9.59	11.55	9.30	11.83	9.07	12.07	8.59	12.54
60	10.69	9.68	11.71	9.38	12.00	9.14	12.24	8.65	12.74
100	11.03	9.92	12.14	9.60	12.47	9.33	12.73	8.79	13.27

Quadro 64 – Série 1996-2016 (corrigida): H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: $k=2.0$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.40	8.88	9.91	8.73	10.06	8.60	10.19	8.35	10.44
20	9.83	9.24	10.43	9.06	10.61	8.92	10.75	8.63	11.04
30	10.07	9.42	10.71	9.24	10.90	9.08	11.06	8.77	11.37
40	10.23	9.55	10.90	9.35	11.10	9.19	11.26	8.86	11.59
50	10.34	9.64	11.04	9.44	11.24	9.27	11.41	8.93	11.75
60	10.44	9.72	11.15	9.51	11.36	9.34	11.54	8.99	11.88
100	10.69	9.92	11.46	9.70	11.68	9.51	11.86	9.14	12.24

Quadro 65 – Série 1996-2016 (corrigida): H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Hsr (m)	Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.35	8.77	9.93	8.61	10.10	8.47	10.24	8.19	10.52
20	9.89	9.16	10.61	8.95	10.82	8.77	11.00	8.42	11.35
30	10.19	9.37	11.01	9.14	11.25	8.94	11.44	8.54	11.84
40	10.41	9.53	11.29	9.27	11.54	9.06	11.76	8.63	12.18
50	10.58	9.65	11.51	9.38	11.77	9.15	12.00	8.70	12.45
60	10.71	9.74	11.68	9.46	11.96	9.23	12.20	8.76	12.67
100	11.09	10.01	12.18	9.69	12.49	9.43	12.75	8.91	13.28

SÉRIE 1996-2017

Para esta série de valores foram considerados os registos máximos anuais das alturas de ondas significativas da boia ondógrafo de Leixões, calculadas pelo método espectral (H_{m0}), entre 1996 e 2016, à qual se adicionou o registo de 2017, calculado pelo método direto do zero ascendente ($H_s=8.74$ m).

$$N = K = 22 \text{ anos}$$

Quadro 66 – Série 1996-2017: alturas de onda significativas

Ano	Hm0 (m)
1996	7.11
1997	7.66
1998	8.80
1999	7.81
2000	6.67
2001	4.53
2002	7.72
2003	9.70
2004	6.61
2005	8.12
2006	8.52
2007	7.61
2008	8.53
2009	8.96
2010	9.01
2011	7.96
2012	6.73
2013	9.26
2014	9.45
2015	7.33
2016	8.39
2017	8.74

Quadro 67 – Série 1996-2017: $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Weibull)

Hs (m)	m	Weibull							
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0	
		$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m	$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m
9.70	1	0.978268	5.990179	0.976371	3.745278	0.974466	2.530135	0.972763	1.898208
9.45	2	0.933755	3.786439	0.931788	2.685132	0.929812	2.009501	0.928046	1.622260
9.26	3	0.889243	2.862016	0.887205	2.182180	0.885158	1.735794	0.883329	1.465740
9.01	4	0.844730	2.291692	0.842621	1.849101	0.840504	1.543250	0.838611	1.350533
8.96	5	0.800217	1.887804	0.798038	1.599677	0.795850	1.392005	0.793894	1.256727
8.80	6	0.755705	1.580169	0.753455	1.400212	0.751196	1.265892	0.749176	1.176012
8.74	7	0.711192	1.335036	0.708872	1.233992	0.706542	1.156679	0.704459	1.104059
8.53	8	0.666680	1.133653	0.664289	1.091504	0.661888	1.059569	0.659741	1.038291
8.52	9	0.622167	0.964564	0.619706	0.966810	0.617234	0.971502	0.615024	0.977023
8.39	10	0.577655	0.820284	0.575123	0.855955	0.572580	0.890391	0.570306	0.919066
8.12	11	0.533142	0.695668	0.530539	0.756171	0.527926	0.814731	0.525589	0.863528
7.96	12	0.488630	0.587044	0.485956	0.665447	0.483272	0.743387	0.480871	0.809694
7.81	13	0.444117	0.491714	0.441373	0.582274	0.438618	0.675462	0.436154	0.756951
7.72	14	0.399605	0.407646	0.396790	0.505490	0.393964	0.610217	0.391437	0.704737
7.66	15	0.355092	0.333289	0.352207	0.434184	0.349310	0.547004	0.346719	0.652494
7.61	16	0.310580	0.267449	0.307624	0.367626	0.304656	0.485227	0.302002	0.599615
7.33	17	0.266067	0.209207	0.263041	0.305222	0.260002	0.424285	0.257284	0.545382
7.11	18	0.221554	0.157873	0.218457	0.246486	0.215348	0.363519	0.212567	0.488852
6.73	19	0.177042	0.112962	0.173874	0.191008	0.170694	0.302107	0.167849	0.428651
6.67	20	0.132529	0.074204	0.129291	0.138448	0.126039	0.238872	0.123132	0.362490
6.61	21	0.088017	0.041613	0.084708	0.088512	0.081385	0.171748	0.078414	0.285762
4.53	22	0.043504	0.015759	0.040125	0.040952	0.036731	0.095678	0.033697	0.185143

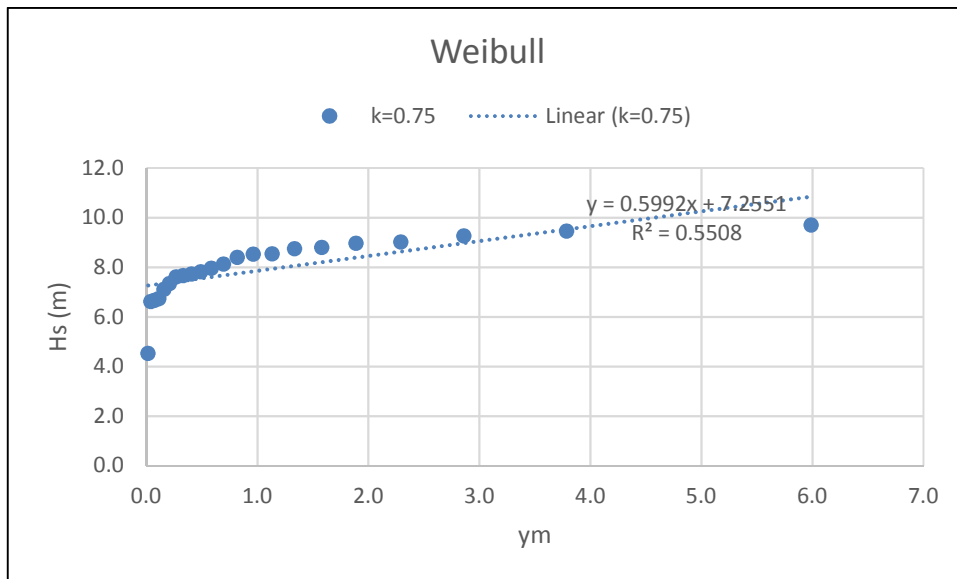


Fig. 298 – Série 1996-2017: regressão linear (Weibull: k=0.75)

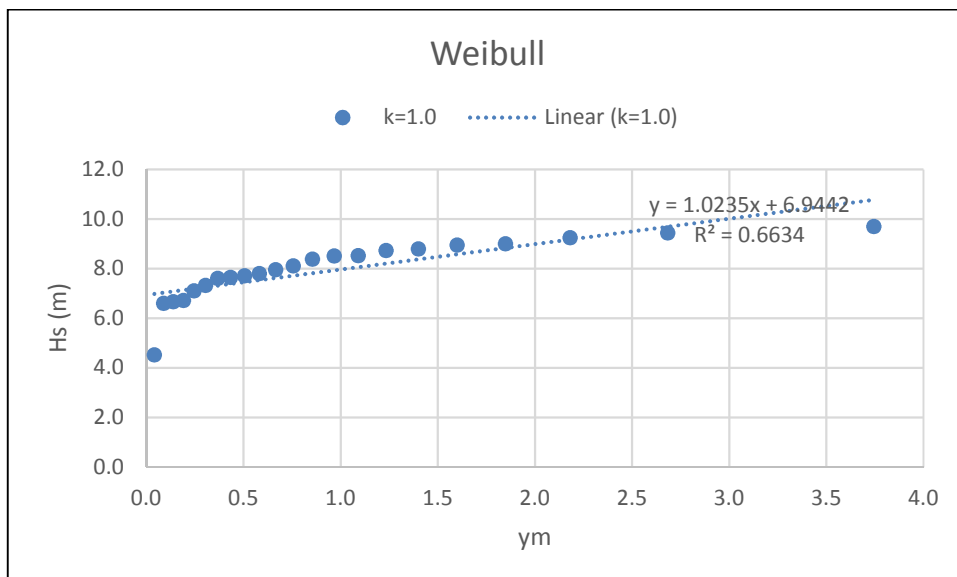


Fig. 299 – Série 1996-2017: regressão linear (Weibull: k=1.0)

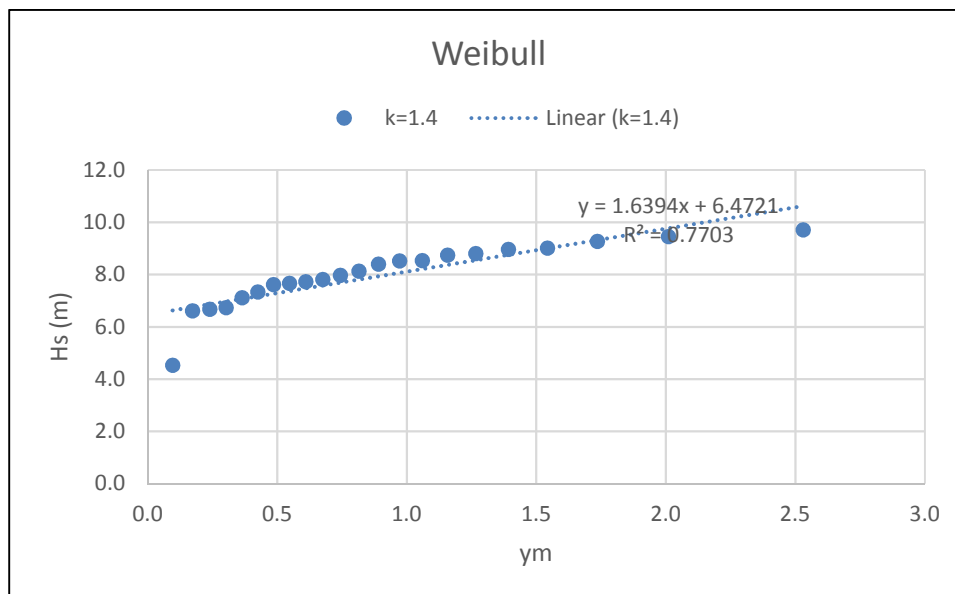


Fig. 300 – Série 1996-2017: regressão linear (Weibull: k=1.4)

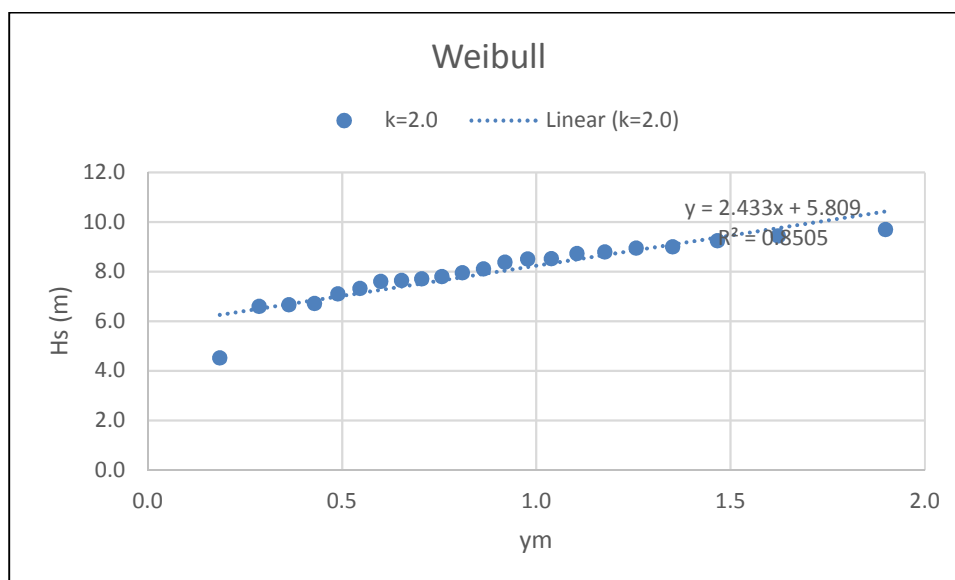


Fig. 301 – Série 1996-2017: regressão linear (Weibull: k=2.0)

Quadro 68 – Série 1996-2017: $F(H_s \leq H_{sm})$ e y_m (Fisher-Tippet I)

Hs (m)	m	Fisher-Tippet I	
		$F(H_s \leq H_{sm})$	y_m
9.70	1	0.974684	3.663507
9.45	2	0.929476	2.615452
9.26	3	0.884268	2.095607
9.01	4	0.839060	1.740268
8.96	5	0.793852	1.465950
8.80	6	0.748644	1.239628
8.74	7	0.703436	1.044753
8.53	8	0.658228	0.871786

8.52	9	0.613020	0.714661
8.39	10	0.567812	0.569223
8.12	11	0.522604	0.432428
7.96	12	0.477396	0.301904
7.81	13	0.432188	0.175670
7.72	14	0.386980	0.051944
7.66	15	0.341772	-0.071028
7.61	16	0.296564	-0.195149
7.33	17	0.251356	-0.322724
7.11	18	0.206148	-0.456893
6.73	19	0.160940	-0.602523
6.67	20	0.115732	-0.768475
6.61	21	0.070524	-0.975237
4.53	22	0.025316	-1.301907

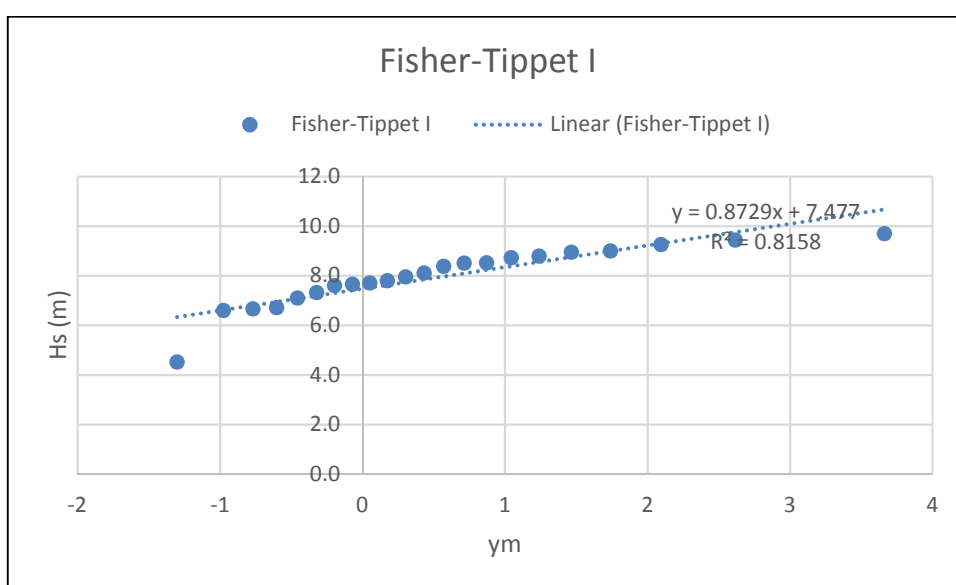


Fig. 302 – Série 1996-2017: regressão linear (Fisher-Tippet I)

Quadro 69 – Série 1996-2017: P, H_{sr} e y_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	P (%)	Weibull								Fisher-Tippet I	
		k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		yr	Hsr (m)
		yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)	yr	Hsr (m)		
10	90.00%	3.04056	9.08	2.30259	9.30	1.81437	9.45	1.51743	9.50	2.25037	9.44
20	95.00%	4.31854	9.84	2.99573	10.01	2.18957	10.06	1.73082	10.02	2.97020	10.07
30	96.67%	5.11496	10.32	3.40120	10.43	2.39738	10.40	1.84423	10.30	3.38429	10.43
40	97.50%	5.69980	10.67	3.68888	10.72	2.54053	10.64	1.92065	10.48	3.67625	10.69
50	98.00%	6.16408	10.95	3.91202	10.95	2.64938	10.82	1.97788	10.62	3.90194	10.88
60	98.33%	6.55007	11.18	4.09434	11.13	2.73700	10.96	2.02345	10.73	4.08595	11.04
100	99.00%	7.66174	11.85	4.60517	11.66	2.97678	11.35	2.14597	11.03	4.60015	11.49

Quadro 70 – Série 1996-2017: α (Weibull e Fisher-Tippet I)

	Weibull				Fisher-Tippet I
	k=0.75	k=1.0	k=1.4	k=2.0	
α	2.025418	2.35685	2.516428	2.749658	0.752432

$$\sigma_{H_S} = 1.155602$$

Quadro 71 – Série 1996-2017: σ_{nr} e σ_r em função dos períodos de retorno (Weibull e Fisher-Tippet I)

Tr (anos)	Weibull								Fisher-Tippet I	
	k=0.75		k=1.0		k=1.4		k=2.0		σ_{nr}	σ_r
	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r	σ_{nr}	σ_r
10	0.94689	1.09422	0.68926	0.79651	0.52371	0.60520	0.41813	0.48319	0.46761	0.54037
20	1.32757	1.53414	0.90772	1.04897	0.64170	0.74155	0.48456	0.55995	0.58922	0.68091
30	1.56656	1.81032	1.03719	1.19858	0.70837	0.81859	0.52086	0.60191	0.66120	0.76408
40	1.74253	2.01367	1.12951	1.30526	0.75468	0.87211	0.54562	0.63052	0.71252	0.82339
50	1.88243	2.17534	1.20131	1.38823	0.79006	0.91300	0.56430	0.65211	0.75245	0.86953
60	1.99883	2.30985	1.26008	1.45615	0.81864	0.94602	0.57925	0.66938	0.78514	0.90731
100	2.33449	2.69774	1.42515	1.64690	0.89718	1.03679	0.61973	0.71616	0.87704	1.01351

Quadro 72 – Série 1996-2017: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=0.75)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=0.75							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.08	7.68	10.48	7.27	10.88	6.93	11.22	6.25	11.90
20	9.84	7.88	11.81	7.31	12.37	6.84	12.85	5.88	13.80
30	10.32	8.00	12.64	7.33	13.31	6.77	13.87	5.65	14.99
40	10.67	8.09	13.25	7.35	13.99	6.72	14.62	5.48	15.87
50	10.95	8.16	13.73	7.36	14.54	6.68	15.21	5.34	16.56
60	11.18	8.22	14.14	7.37	14.99	6.65	15.71	5.22	17.14
100	11.85	8.39	15.30	7.39	16.30	6.56	17.13	4.89	18.81

Quadro 73 – Série 1996-2017: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: k=1.0)

Tr (anos)	Hsr (m)	Weibull: k=1.0							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
		80%		90%		95%		99%	
10	9.30	8.28	10.32	7.99	10.62	7.74	10.86	7.25	11.36
20	10.01	8.67	11.35	8.28	11.74	7.95	12.07	7.30	12.72
30	10.43	8.89	11.96	8.45	12.40	8.08	12.77	7.33	13.52
40	10.72	9.05	12.39	8.57	12.87	8.16	13.28	7.35	14.09
50	10.95	9.17	12.73	8.66	13.24	8.23	13.67	7.37	14.53
60	11.13	9.27	13.00	8.73	13.54	8.28	13.99	7.38	14.89
100	11.66	9.55	13.77	8.94	14.37	8.43	14.89	7.41	15.91

Quadro 74 – Série 1996-2017: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=1.4$)

		Weibull: $k=1.4$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
Tr (anos)	Hsr (m)	80%		90%		95%		99%	
10	9.45	8.67	10.22	8.45	10.45	8.26	10.63	7.89	11.01
20	10.06	9.11	11.01	8.84	11.29	8.61	11.52	8.15	11.97
30	10.40	9.35	11.45	9.05	11.75	8.80	12.01	8.29	12.51
40	10.64	9.52	11.75	9.20	12.08	8.93	12.35	8.39	12.89
50	10.82	9.65	11.98	9.31	12.32	9.03	12.60	8.46	13.17
60	10.96	9.75	12.17	9.40	12.52	9.10	12.81	8.52	13.40
100	11.35	10.03	12.68	9.64	13.06	9.32	13.38	8.68	14.03

Quadro 75 – Série 1996-2017: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Weibull: $k=2.0$)

		Weibull: $k=2.0$							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
Tr (anos)	Hsr (m)	80%		90%		95%		99%	
10	9.50	8.88	10.12	8.70	10.30	8.55	10.45	8.25	10.75
20	10.02	9.30	10.74	9.10	10.94	8.92	11.12	8.58	11.46
30	10.30	9.53	11.07	9.30	11.29	9.12	11.48	8.74	11.85
40	10.48	9.67	11.29	9.44	11.52	9.25	11.72	8.86	12.11
50	10.62	9.79	11.46	9.55	11.70	9.34	11.90	8.94	12.30
60	10.73	9.88	11.59	9.63	11.84	9.42	12.04	9.01	12.46
100	11.03	10.11	11.95	9.85	12.21	9.63	12.43	9.18	12.88

Quadro 76 – Série 1996-2017: H_{sr} em função dos períodos de retorno e dos níveis de confiança (Fisher-Tippet I)

		Fisher-Tippet I							
		Hsr (m) para um nível de confiança de							
Tr (anos)	Hsr (m)	80%		90%		95%		99%	
10	9.44	8.75	10.13	8.55	10.33	8.38	10.50	8.05	10.84
20	10.07	9.20	10.94	8.95	11.19	8.74	11.40	8.31	11.83
30	10.43	9.45	11.41	9.17	11.69	8.93	11.93	8.46	12.40
40	10.69	9.63	11.74	9.33	12.04	9.07	12.30	8.56	12.81
50	10.88	9.77	12.00	9.45	12.32	9.18	12.59	8.64	13.13
60	11.04	9.88	12.20	9.55	12.54	9.27	12.82	8.70	13.38
100	11.49	10.20	12.79	9.82	13.16	9.51	13.48	8.88	14.11

ANEXO X

EVOLUÇÃO DO AREAL NA PRAIA DO PEDRÓGÃO

PRAIA NORTE

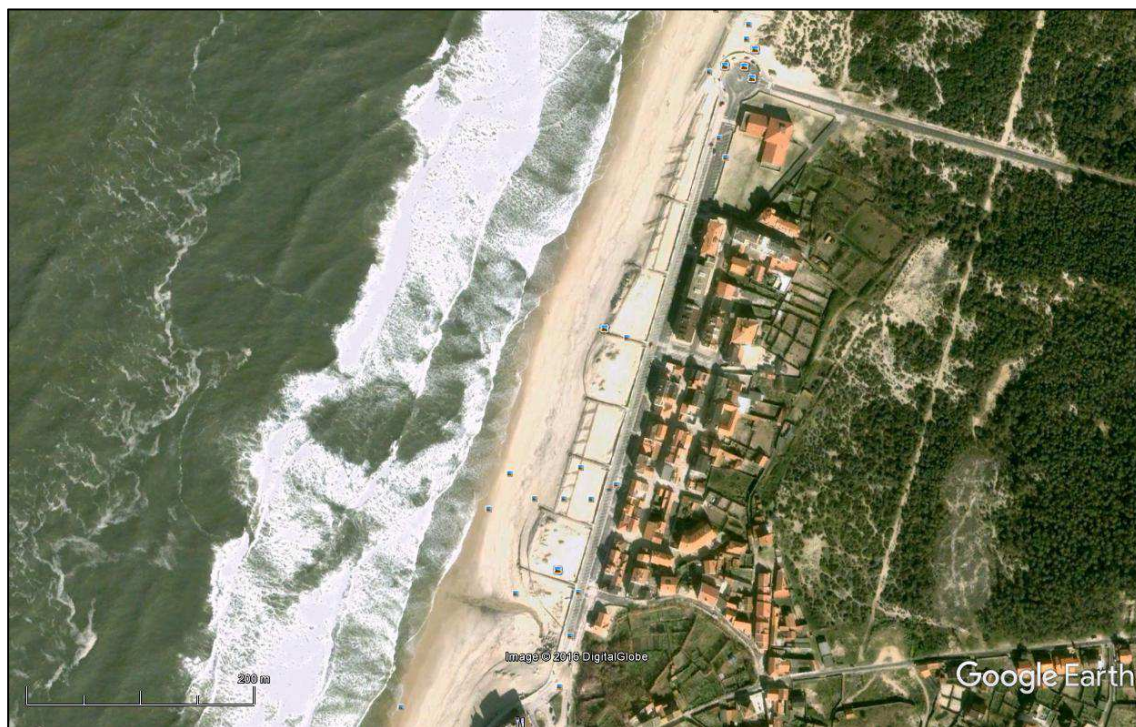


Fig. 303 – Vista aérea da Praia Norte: 26/01/2003 (fonte: Google Earth)



Fig. 304 – Vista aérea da Praia Norte: 30/10/2006 (fonte: Google Earth)

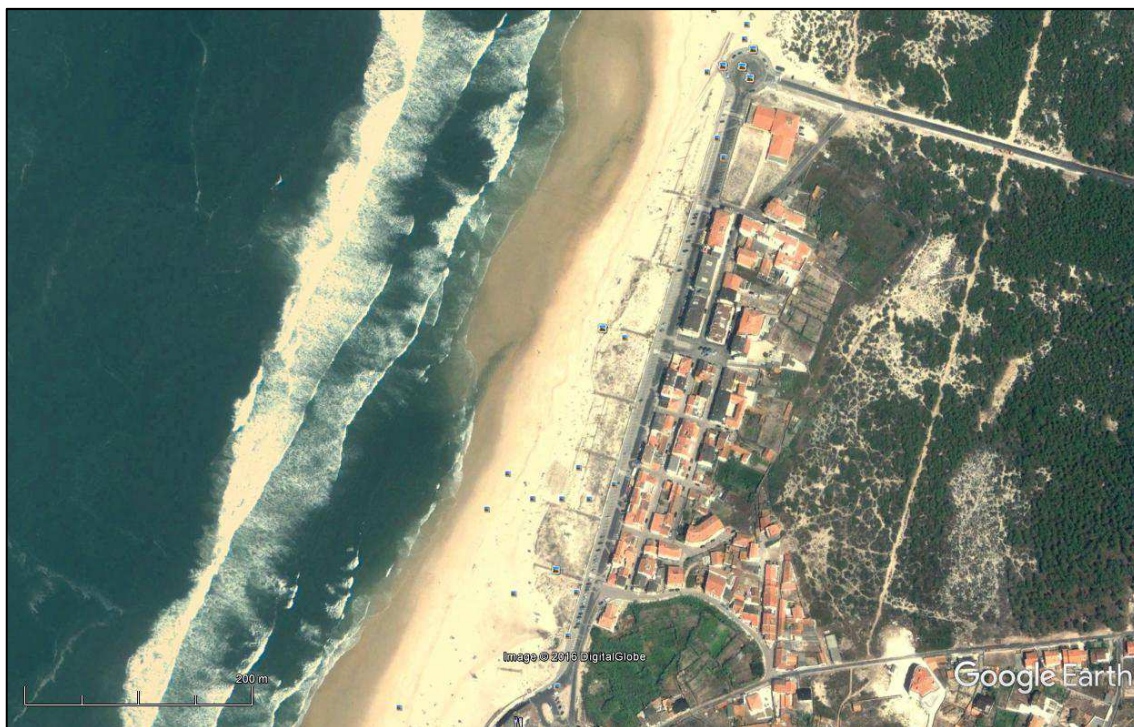


Fig. 305 – Vista aérea da Praia Norte: 25/08/2009 (fonte: Google Earth)

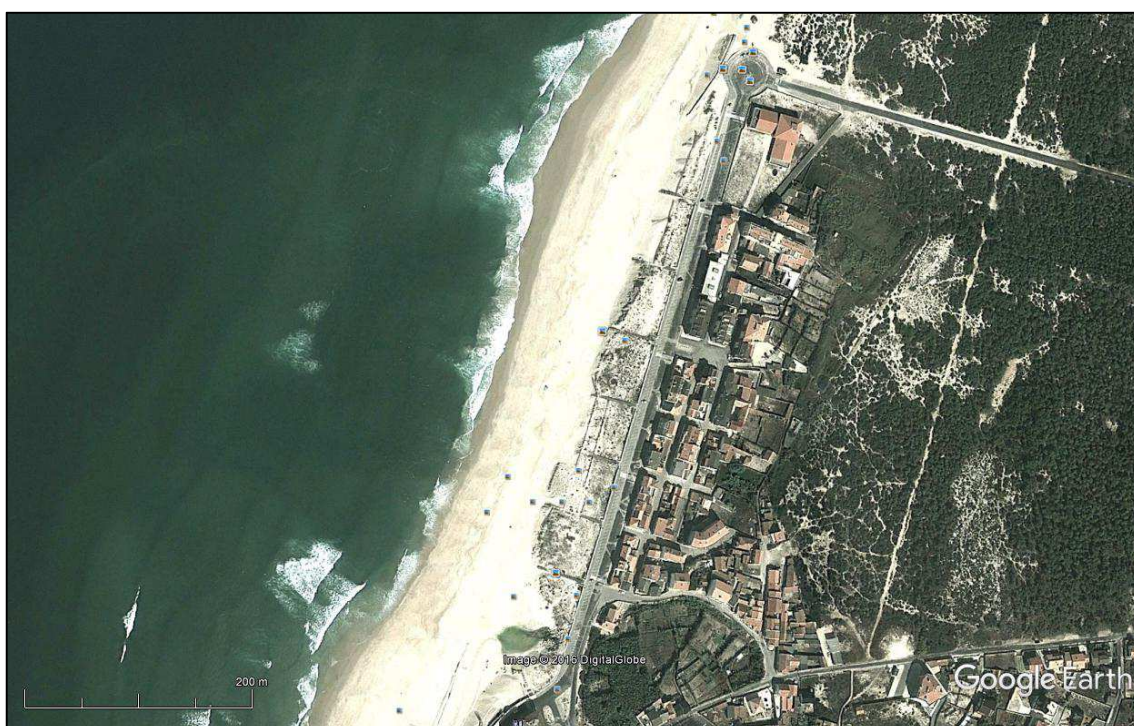


Fig. 306 – Vista aérea da Praia Norte: 03/10/2011 (fonte: Google Earth)



Fig. 307 – Vista aérea da Praia Norte: 22/03/2012 (fonte: Google Earth)



Fig. 308 – Evolução do areal na Praia Norte (adaptado de: Google Earth)

PRAIA CENTRAL

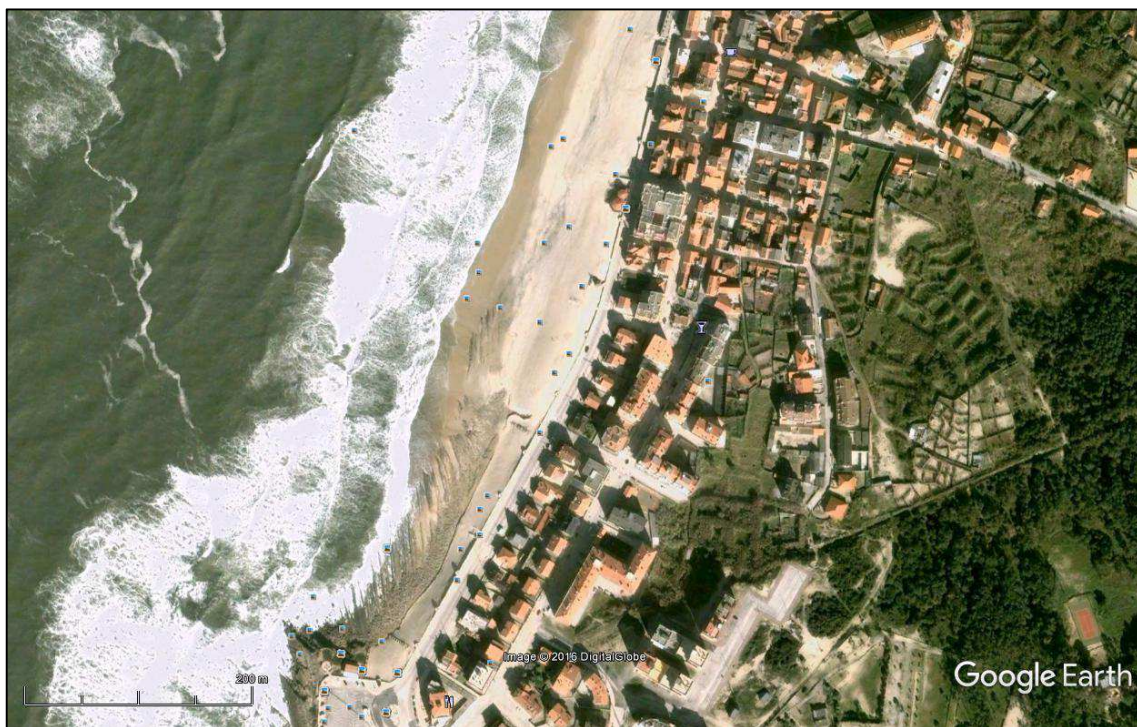


Fig. 309 – Vista aérea da Praia Central: 26/01/2003 (fonte: Google Earth)

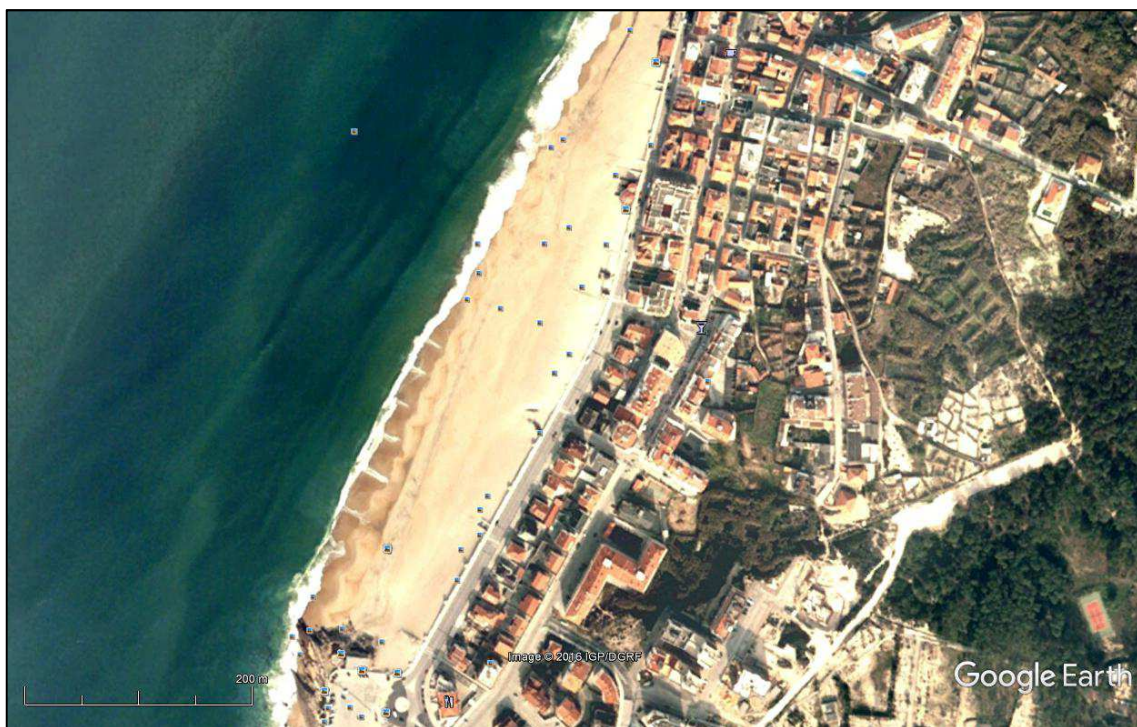


Fig. 310 – Vista aérea da Praia Central: 30/10/2006 (fonte: Google Earth)



Fig. 311 – Vista aérea da Praia Central: 25/08/2009 (fonte: Google Earth)

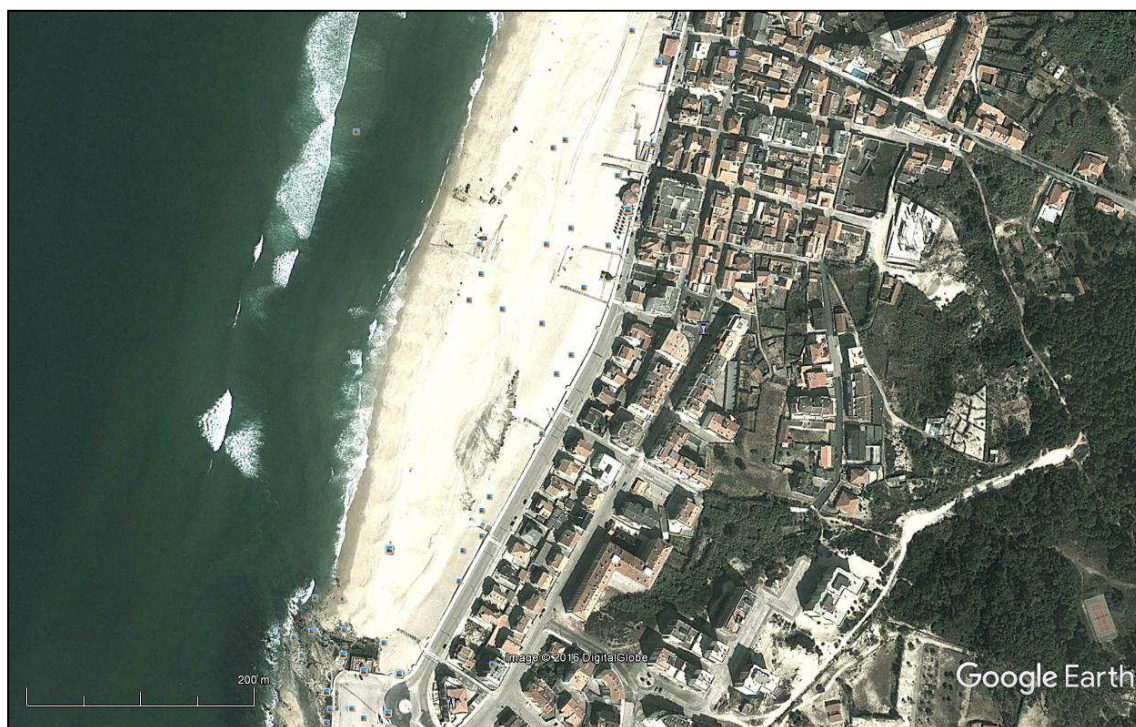


Fig. 312 – Vista aérea da Praia Central: 03/10/2011 (fonte: Google Earth)

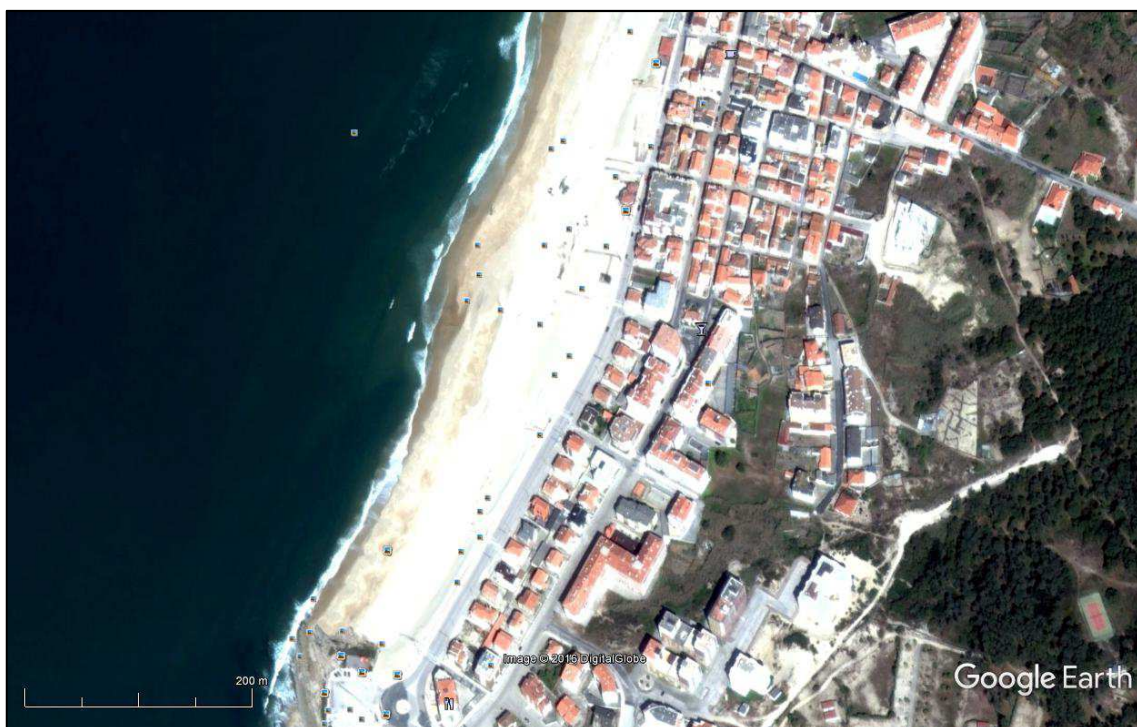


Fig. 313 – Vista aérea da Praia Central: 22/03/2012 (fonte: Google Earth)



Fig. 314 – Evolução do areal na Praia Central (adaptado de: Google Earth)

PRAIA SUL

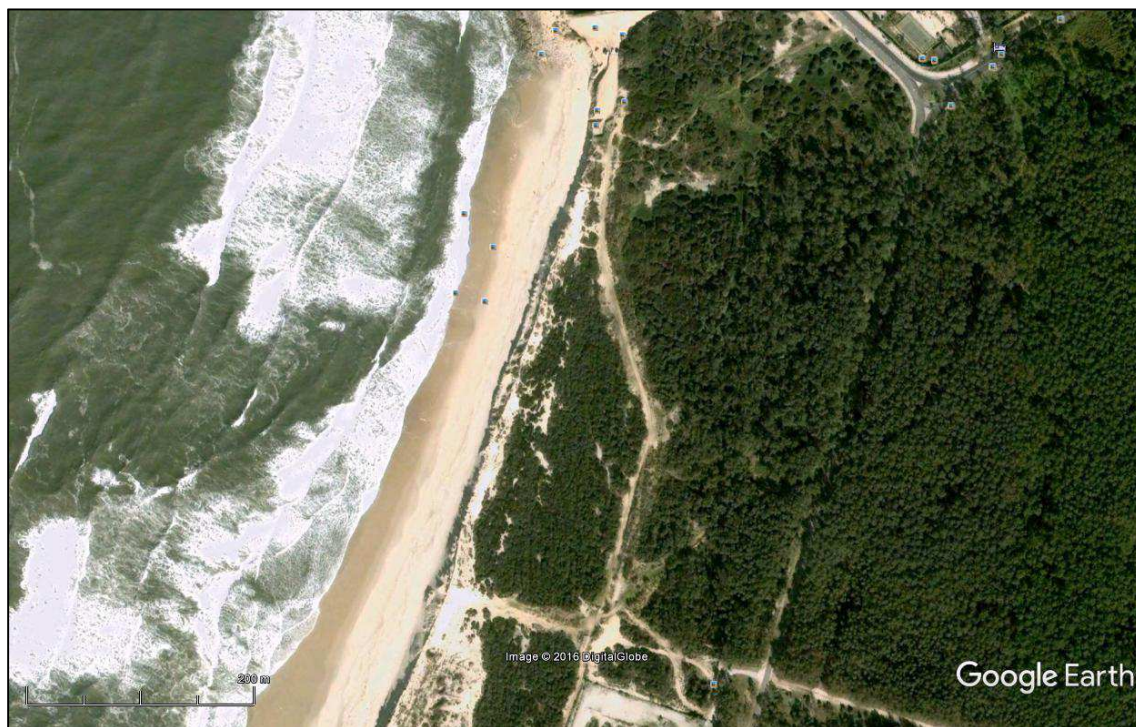


Fig. 315 – Vista aérea da Praia Sul: 26/01/2003 (fonte: Google Earth)

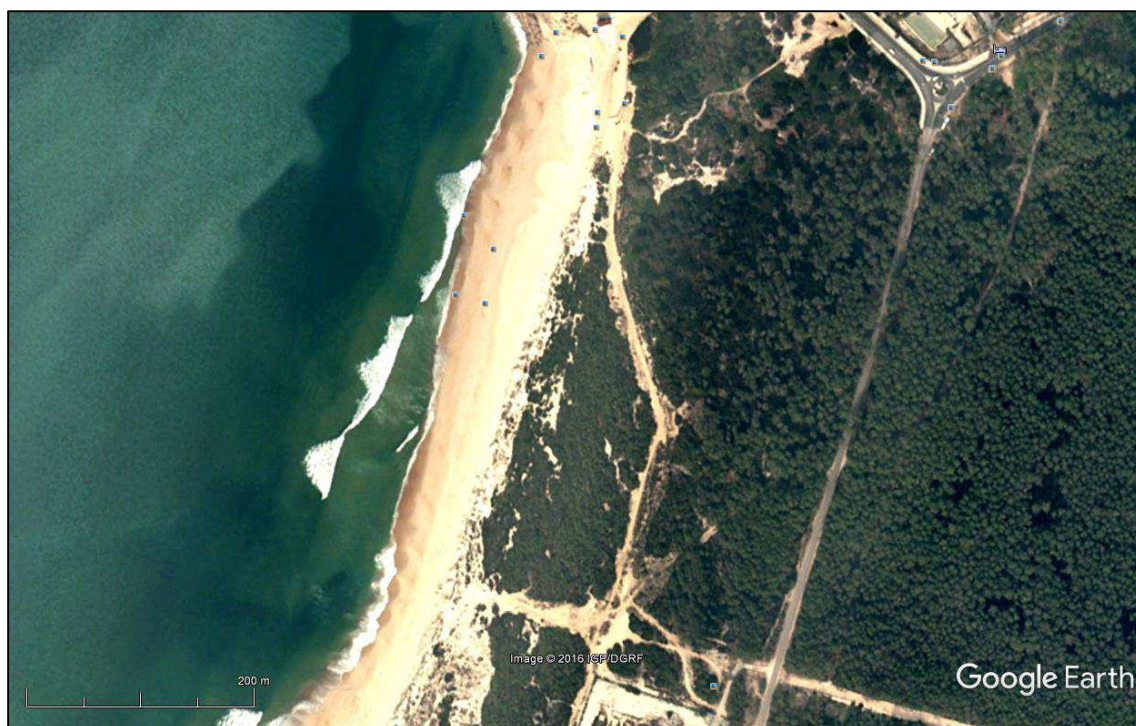


Fig. 316 – Vista aérea da Praia Sul: 30/10/2006 (fonte: Google Earth)

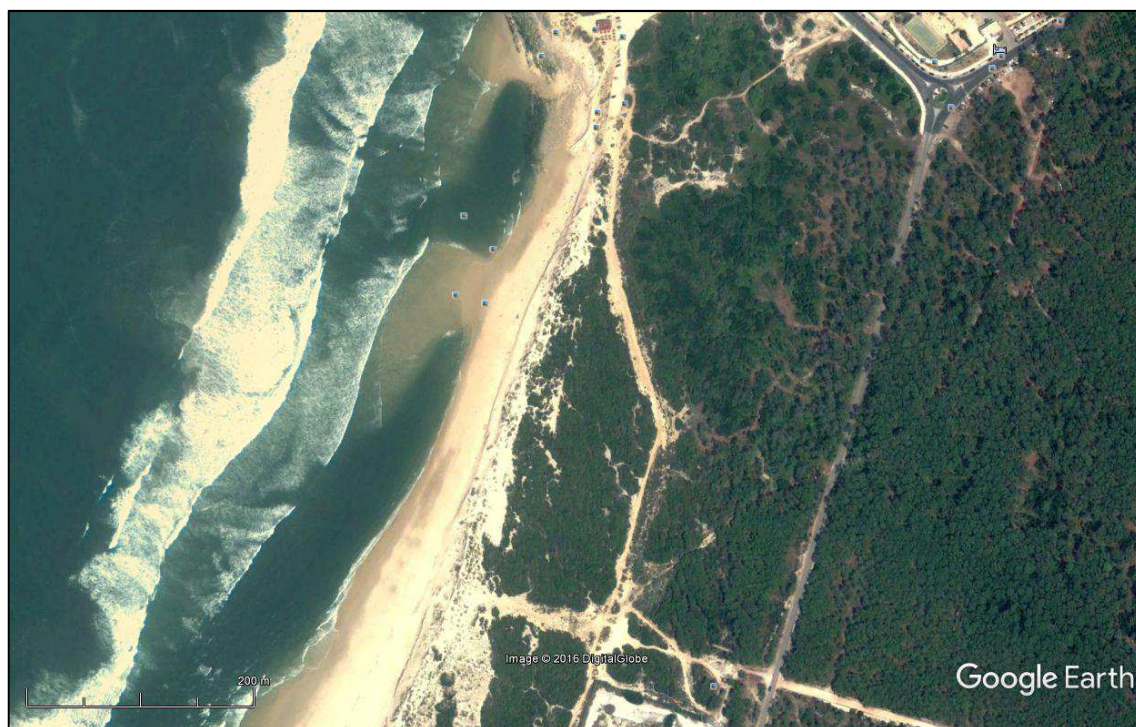


Fig. 317 – Vista aérea da Praia Sul: 25/08/2009 (fonte: Google Earth)

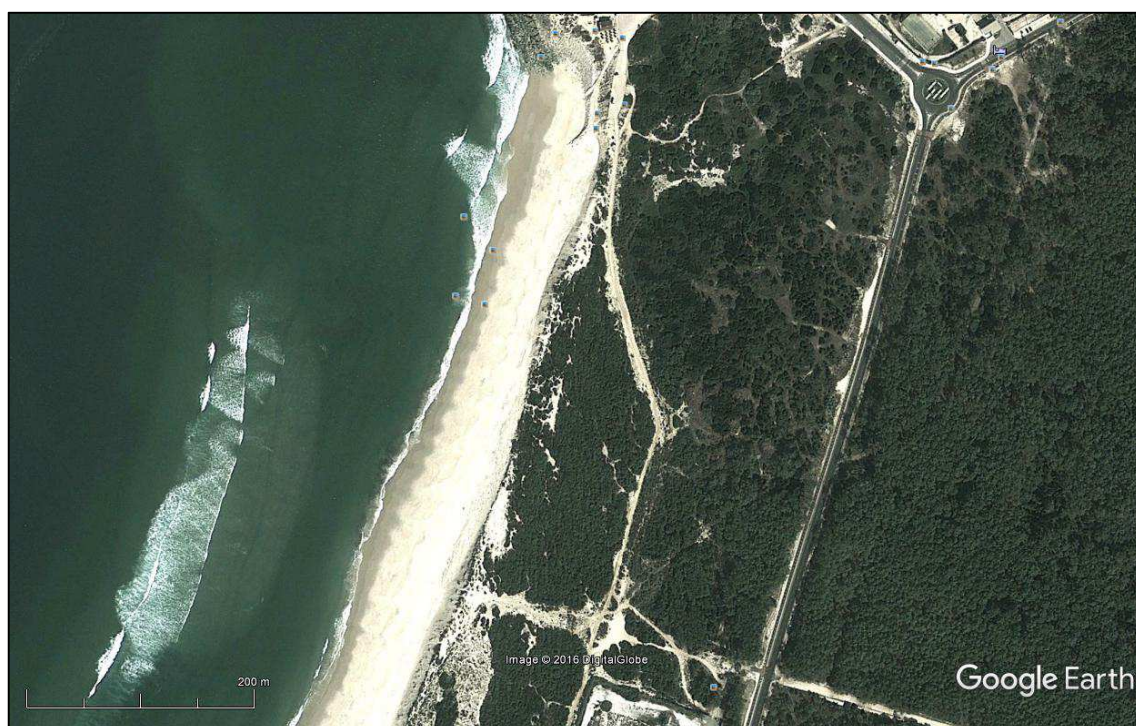


Fig. 318 – Vista aérea da Praia Sul: 03/10/2011 (fonte: Google Earth)

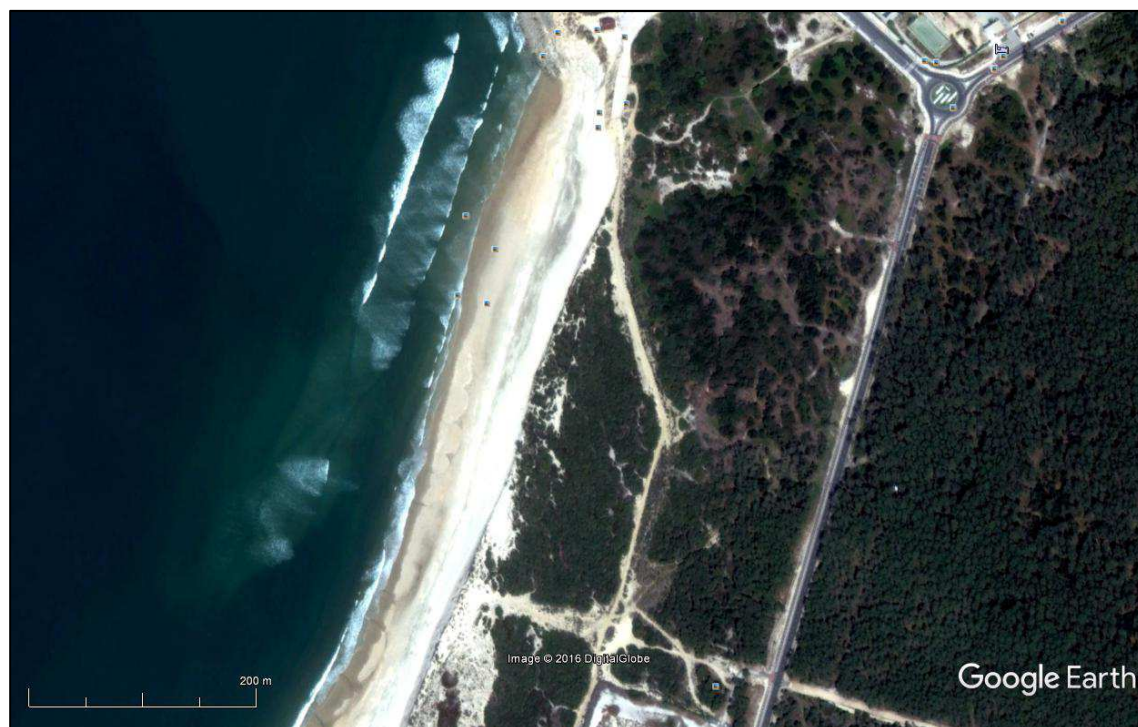


Fig. 319 – Vista aérea da Praia Sul: 22/03/2012 (fonte: Google Earth)



Fig. 320 – Evolução do areal na Praia Sul (adaptado de: Google Earth)

Legenda:

	26/01/2003
	30/10/2006
	25/08/2009
	03/10/2011
	22/03/2012

ANEXO XI
PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE UM
ESPORÃO COMO
PROLONGAMENTO DO
PROMONTÓRIO

PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DAS DIFERENTES SOLUÇÕES

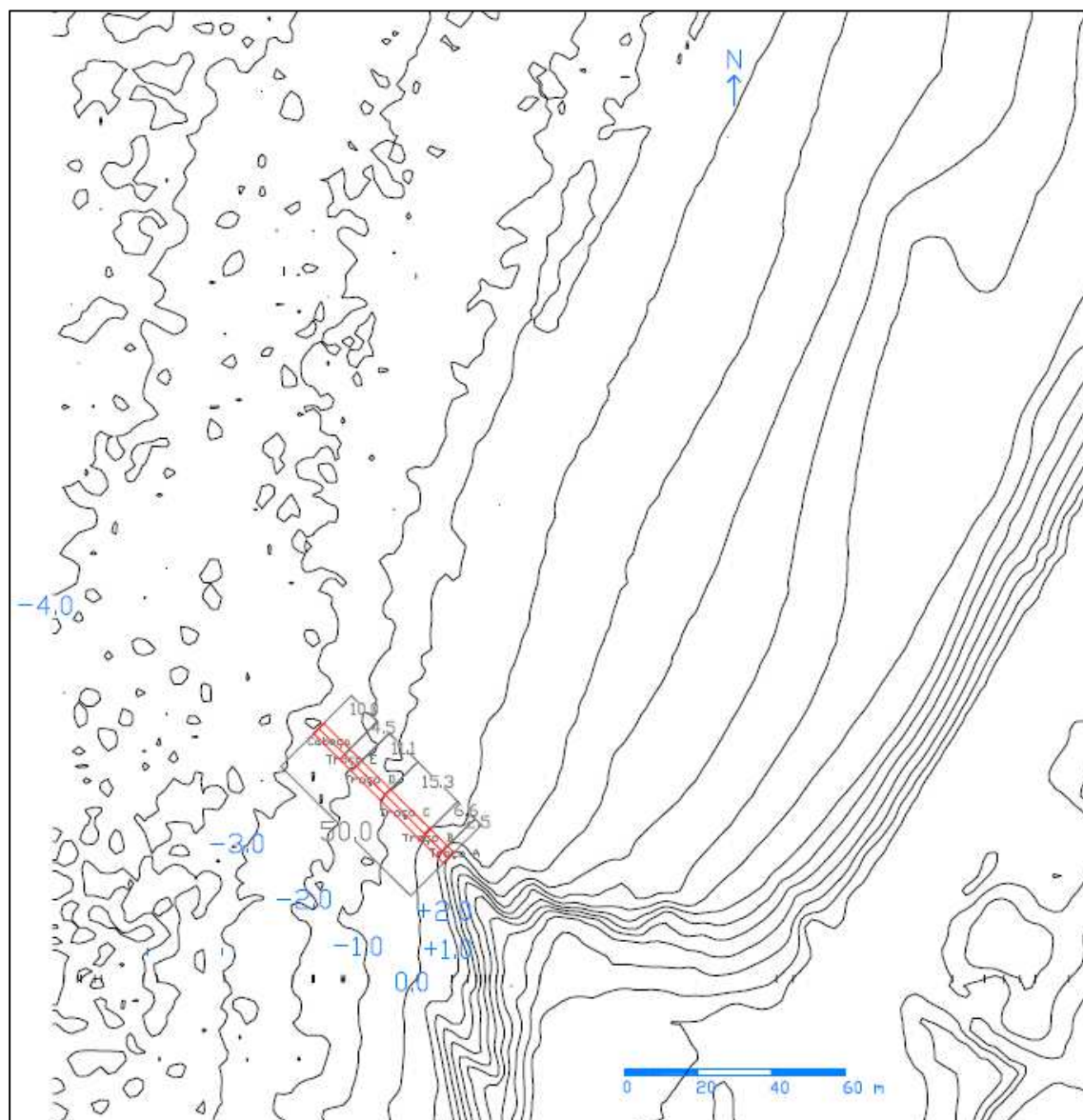


Fig. 321 – Planta de implantação de esporão em "I" com 50 m de comprimento

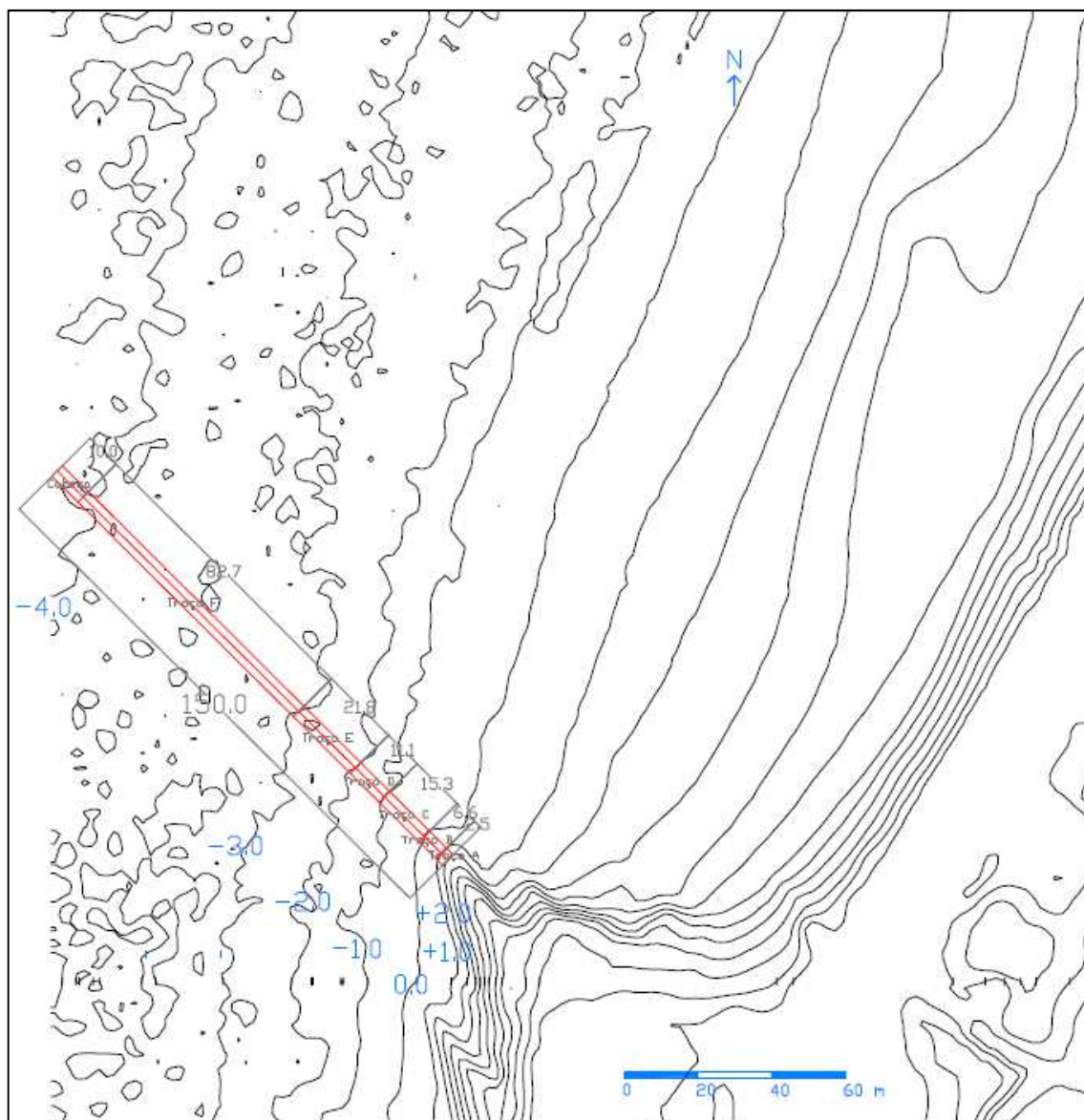


Fig. 322 – Planta de implantação de esporão em "I" com 150 m de comprimento

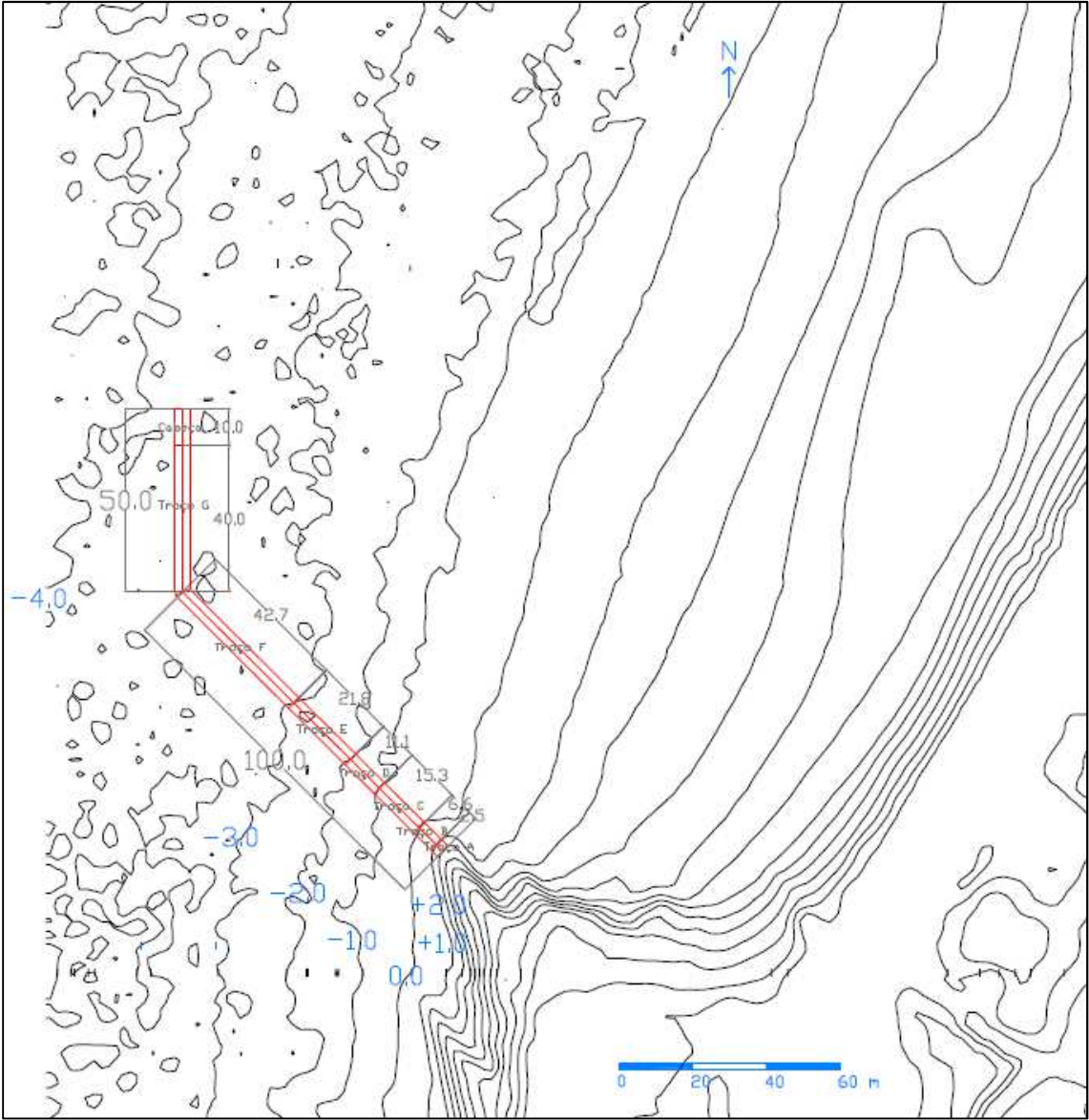


Fig. 323 – Planta de implantação de esporão em "L" com 150 m de comprimento

CÁLCULO DO PESO DOS BLOCOS EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE

ESPORÃO EM “I” – TRONCO COMUM

Quadro 77 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: blocos de calcário denso com talude 3:2

Enrocamento (calcário denso)		Z (m)			Manto Resistente				Sub-camada				
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	
PMAV (m)	4.0	-4.0	8.0	6.24	523.26	65.4 39.2	2.79	5.6	52.33	6.5 3.9	1.30	2.6	
		-3.0	7.0	5.46	350.54	43.8 26.3	2.44	4.9	35.05	4.4 2.6	1.13	2.3	
		-2.0	6.0	4.68	220.75	27.6 16.6	2.10	4.2	22.07	2.8 1.7	0.97	1.9	
		-1.0	5.0	3.90	127.75	16.0 9.6	1.75	3.5	12.77	1.6 1.0	0.81	1.6	
yw (kN/m³)	10.2												
cotg(θ)	1.50												

γ_r (kN/m³)	24.0	0.0	4.0	3.12	65.41	8.2	4.9	1.40	2.8	6.54	0.8	0.5	0.65	1.3
N	2	1.0	3.0	2.34	27.59	3.4	2.1	1.05	2.1	2.76	0.3	0.2	0.49	1.0
Kd	3.0	2.0	2.0	1.56	8.18	1.0	0.6	0.70	1.4	0.82	0.1	0.1	0.32	0.6
K Δ r	1.00	3.0	1.0	0.78	1.02	0.1	0.1	0.35	0.7	0.10	0.0	0.0	0.16	0.3

Quadro 78 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão com talude 3:2

Cubos (betão)					Manto Resistente				Sub-camada				
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	
		-4.0	8.0	6.24	392.44	39.2	2.79	5.6	39.24	4.9	2.9	1.18	2.4
PMAV (m)	4.0	-3.0	7.0	5.46	262.91	26.3	2.44	4.9	26.29	3.3	2.0	1.03	2.1
γw (kN/m³)	10.2	-2.0	6.0	4.68	165.56	16.6	2.09	4.2	16.56	2.1	1.2	0.88	1.8
cotg(θ)	1.50	-1.0	5.0	3.90	95.81	9.6	1.74	3.5	9.58	1.2	0.7	0.74	1.5
γr (kN/m³)	24.0	0.0	4.0	3.12	49.06	4.9	1.40	2.8	4.91	0.6	0.4	0.59	1.2
γc (kN/m³)	24.0	1.0	3.0	2.34	20.70	2.1	1.05	2.1	2.07	0.3	0.2	0.44	0.9
N	2	2.0	2.0	1.56	6.13	0.6	0.70	1.4	0.61	0.1	0.0	0.29	0.6
Kd	4.0	3.0	1.0	0.78	0.77	0.1	0.35	0.7	0.08	0.0	0.0	0.15	0.3
KΔr	1.00												
KΔc	1.10												

Quadro 79 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço comum do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 3:2

Cubos (betão de alta densidade)					Manto Resistente				Sub-camada				
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)		eΔ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	132.73	13.3	1.77	3.5	17.70	2.2	1.3	0.90	1.8
PMAV (m)	4.0	-3.0	7.0	5.46	88.92	8.9	1.55	3.1	11.86	1.5	0.9	0.79	1.6
γw (kN/m³)	10.2	-2.0	6.0	4.68	56.00	5.6	1.33	2.7	7.47	0.9	0.6	0.68	1.4
cotg(θ)	1.50	-1.0	5.0	3.90	32.41	3.2	1.10	2.2	4.32	0.5	0.3	0.56	1.1
γr (kN/m³)	24.0	0.0	4.0	3.12	16.59	1.7	0.88	1.8	2.21	0.3	0.2	0.45	0.9
γc (kN/m³)	32.0	1.0	3.0	2.34	7.00	0.7	0.66	1.3	0.93	0.1	0.1	0.34	0.7
N	2	2.0	2.0	1.56	2.07	0.2	0.44	0.9	0.28	0.0	0.0	0.23	0.5
Kd	4.0	3.0	1.0	0.78	0.26	0.0	0.22	0.4	0.03	0.0	0.0	0.11	0.2
KΔr	1.00												
KΔc	1.10												

ESPORÃO EM "I" – ZONA DA CABEÇA

Quadro 80 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: blocos de calcário denso com talude 2:1

Enrocamento (calcário denso)					Manto Resistente				Sub-camada					
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)		
		-4.0	8.0	6.24	470.93	58.9	35.3	2.70	5.4	47.09	5.9	3.5	1.25	2.5
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	388.04	48.5	29.1	2.53	5.1	38.80	4.9	2.9	1.17	2.3
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	315.49	39.4	23.7	2.36	4.7	31.55	3.9	2.4	1.10	2.2
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	252.60	31.6	18.9	2.19	4.4	25.26	3.2	1.9	1.02	2.0
γ (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	198.67	24.8	14.9	2.02	4.0	19.87	2.5	1.5	0.94	1.9

N	2
Kd	2.5
KΔr	1.00

Quadro 81 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: blocos de calcário denso com talude 3:2

Enrocamento (calcário denso)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)
PMÁV (m)	4.0	-4.0	8.0	6.24	627.91	78.5 47.1	2.97	5.9	62.79	7.8 4.7	1.38	2.8
γw (kN/m³)	10.2	-3.5	7.5	5.85	517.38	64.7 38.8	2.78	5.6	51.74	6.5 3.9	1.29	2.6
cotg(θ)	1.50	-3.0	7.0	5.46	420.65	52.6 31.5	2.60	5.2	42.07	5.3 3.2	1.21	2.4
γr (kN/m³)	24.0	-2.5	6.5	5.07	336.80	42.1 25.3	2.41	4.8	33.68	4.2 2.5	1.12	2.2
N	2	-2.0	6.0	4.68	264.90	33.1 19.9	2.23	4.5	26.49	3.3 2.0	1.03	2.1
Kd	2.5											
KΔr	1.00											

Quadro 82 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: cubos de betão com talude 2:1

Cubos (betão)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)
PMÁV (m)	4.0	-4.0	8.0	6.24	336.38	33.6	2.65	5.3	33.64	4.2 2.5	1.12	2.2
γw (kN/m³)	10.2	-3.5	7.5	5.85	277.17	27.7	2.49	5.0	27.72	3.5 2.1	1.05	2.1
cotg(θ)	2.00	-3.0	7.0	5.46	225.35	22.5	2.32	4.6	22.53	2.8 1.7	0.98	2.0
γr (kN/m³)	24.0	-2.5	6.5	5.07	180.43	18.0	2.15	4.3	18.04	2.3 1.4	0.91	1.8
γc (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	141.91	14.2	1.99	4.0	14.19	1.8 1.1	0.84	1.7
N	2											
Kd	3.5											
KΔr	1.00											
KΔc	1.10											

Quadro 83 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: cubos de betão com talude 3:2

Cubos (betão)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)
PMÁV (m)	4.0	-4.0	8.0	6.24	448.51	44.9	2.92	5.8	44.85	5.6 3.4	1.23	2.5
γw (kN/m³)	10.2	-3.5	7.5	5.85	369.56	37.0	2.74	5.5	36.96	4.6 2.8	1.15	2.3
cotg(θ)	1.50	-3.0	7.0	5.46	300.46	30.0	2.55	5.1	30.05	3.8 2.3	1.08	2.2
γr (kN/m³)	24.0	-2.5	6.5	5.07	240.57	24.1	2.37	4.7	24.06	3.0 1.8	1.00	2.0
γc (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	189.21	18.9	2.19	4.4	18.92	2.4 1.4	0.92	1.8
N	2											
Kd	3.5											
KΔr	1.00											
KΔc	1.10											

Quadro 84 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 2:1

Cubos (betão de alta densidade)					Manto Resistente				Sub-camada				
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	
		-4.0	8.0	6.24	113.77	11.4	1.68	3.4	15.17	1.9	1.1	0.86	1.7
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	93.75	9.4	1.57	3.1	12.50	1.6	0.9	0.80	1.6
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	76.22	7.6	1.47	2.9	10.16	1.3	0.8	0.75	1.5
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	61.02	6.1	1.36	2.7	8.14	1.0	0.6	0.70	1.4
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	48.00	4.8	1.26	2.5	6.40	0.8	0.5	0.64	1.3
γc (kN/m³)	32.0												
N	2												
Kd	3.5												
KΔr	1.00												
KΔc	1.10												

Quadro 85 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, na zona da cabeça do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 3:2

Cubos (betão de alta densidade)					Manto Resistente				Sub-camada				
		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	
		-4.0	8.0	6.24	151.70	15.2	1.85	3.7	20.23	2.5	1.5	0.94	1.9
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	124.99	12.5	1.73	3.5	16.67	2.1	1.2	0.89	1.8
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	101.62	10.2	1.62	3.2	13.55	1.7	1.0	0.83	1.7
cotg(θ)	1.50	-2.5	6.5	5.07	81.37	8.1	1.50	3.0	10.85	1.4	0.8	0.77	1.5
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	64.00	6.4	1.39	2.8	8.53	1.1	0.6	0.71	1.4
γc (kN/m³)	32.0												
N	2												
Kd	3.5												
KΔr	1.00												
KΔc	1.10												

ESPORÃO EM “L” – TRONCO OBLÍQUO

Quadro 86 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço oblíquo do esporão: blocos de calcário denso com talude 2:1

Enrocamento (calcário denso)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada					
					W (kN)	Graduação (tf)		eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)		eΔ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	428.12	53.5	32.1	2.61	5.2	42.81	5.4	3.2	1.21	2.4
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	352.76	44.1	26.5	2.45	4.9	35.28	4.4	2.6	1.14	2.3
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	286.81	35.9	21.5	2.29	4.6	28.68	3.6	2.2	1.06	2.1
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	229.63	28.7	17.2	2.12	4.2	22.96	2.9	1.7	0.99	2.0
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	180.61	22.6	13.5	1.96	3.9	18.06	2.3	1.4	0.91	1.8
N	2													
Kd	2.75													
KΔr	1.00													

Quadro 87 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço oblíquo do esporão: cubos de betão com talude 2:1

Cubos (betão)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	336.38	33.6	2.65	5.3	33.64	4.2 2.5	1.12	2.2
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	277.17	27.7	2.49	5.0	27.72	3.5 2.1	1.05	2.1
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	225.35	22.5	2.32	4.6	22.53	2.8 1.7	0.98	2.0
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	180.43	18.0	2.15	4.3	18.04	2.3 1.4	0.91	1.8
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	141.91	14.2	1.99	4.0	14.19	1.8 1.1	0.84	1.7
γc (kN/m³)	24.0											
N	2											
Kd	3.5											
KΔr	1.00											
KΔc	1.10											

Quadro 88 – Peso dos blocos a utilizar nas diferentes camadas em função da profundidade, no troço oblíquo do esporão: cubos de betão de alta densidade com talude 2:1

Cubos (betão de alta densidade)		Z (m)	d (m)	Hmáx (m)	Manto Resistente				Sub-camada			
					W (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)	Wf (kN)	Graduação (tf)	eΔ	t (m)
		-4.0	8.0	6.24	113.77	11.4	1.68	3.4	15.17	1.9 1.1	0.86	1.7
PMAV (m)	4.0	-3.5	7.5	5.85	93.75	9.4	1.57	3.1	12.50	1.6 0.9	0.80	1.6
γw (kN/m³)	10.2	-3.0	7.0	5.46	76.22	7.6	1.47	2.9	10.16	1.3 0.8	0.75	1.5
cotg(θ)	2.00	-2.5	6.5	5.07	61.02	6.1	1.36	2.7	8.14	1.0 0.6	0.70	1.4
γr (kN/m³)	24.0	-2.0	6.0	4.68	48.00	4.8	1.26	2.5	6.40	0.8 0.5	0.64	1.3
γc (kN/m³)	32.0											
N	2											
Kd	3.5											
KΔr	1.00											
KΔc	1.10											

ESTIMATIVA DO CUSTO DAS DIFERENTES SOLUÇÕES

Quadro 89 – Custo de esporão em "I" com 50 m de comprimento

Esporão em "I": L = 50 m Custo total: 333 350 €					Manto Resistente						
Troço	L (m)	Zi (m)	Zf (m)	Zmed (m)	Tipo de Bloco	W (tf)	C (€/m³)	C (€/uni)	Aw (m²)	Vw (m³)	Cw (€)
A	2.5	2.0	1.0	1.5	enrocamento	1.5 - 2.5	35	-	3	6	219
B	6.5	1.0	0.0	0.5	enrocamento	3.5 - 6.0	45	-	9	59	2662
C	15.0	0.0	-1.0	-0.5	enrocamento	7.0 - 12.0	55	-	14	216	11880
D	11.0	-1.0	-2.0	-1.5	cubos de betão	4.5	-	340	26	290	88862
E	5.0	-2.0	-2.5	-2.3	cubos de betão	5.5	-	415	33	163	60694
Cabeça	10.0	-2.5	-2.5	-2.5	cubos de betão	6.5	-	490	35	351	154791
Total	50.0										319 108 €
					Sub-camada			Núcleo			
Troço	Tipo de Bloco	Wf (tf)	C (€/m³)	Awf (m²)	Vwf (m³)	Cwf (€)	Tipo de Bloco	C (€/m³)	Atot (m²)	Vtot (m³)	Ctot (€)
A	-	0.0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
B	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	1	9	182
C	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	8	122	2430
D	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	12	133	2662
E	enrocamento	0.5 - 1.0	25	16	81	2031	TOT	20	4	22	438
Cabeça	enrocamento	1.0 - 1.5	30	18	182	5460	TOT	20	5	52	1040
Total						7 491 €					6 752 €

Quadro 90 – Custo de esporão em "I" com 100 m de comprimento

Esporão em "I": L = 100 m Custo total: 1 663 386 €					Manto Resistente						
Troço	L (m)	Zi (m)	Zf (m)	Zmed (m)	Tipo de Bloco	W (tf)	C (€/m³)	C (€/uni)	Aw (m²)	Vw (m³)	Cw (€)
A	2.5	2.0	1.0	1.5	enrocamento	1.5 - 2.5	35	-	3	6	219
B	6.5	1.0	0.0	0.5	enrocamento	3.5 - 6.0	45	-	9	59	2662
C	15.0	0.0	-1.0	-0.5	enrocamento	7.0 - 12.0	55	-	14	216	11880
D	11.0	-1.0	-2.0	-1.5	cubos de betão	4.5	-	340	26	290	88862
E	22.0	-2.0	-3.0	-2.5	cubos de betão	7.0	-	525	36	801	378378
F	33.0	-3.0	-3.5	-3.3	cubos de betão	8.5	-	640	44	1436	826848
Cabeça	10.0	-3.5	-3.5	-3.5	cubos de betão	9.5	-	715	47	465	299228
Total	100.0										1 608 076 €
					Sub-camada			Núcleo			
Troço	Tipo de Bloco	Wf (tf)	C (€/m³)	Awf (m²)	Vwf (m³)	Cwf (€)	Tipo de Bloco	C (€/m³)	Atot (m²)	Vtot (m³)	Ctot (€)
A	-	0.0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
B	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	1	9	182
C	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	8	122	2430
D	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	12	133	2662
E	enrocamento	0.5 - 1.0	25	18	400	10010	TOT	20	4	86	1716
F	enrocamento	1.0 - 1.5	30	22	718	21533	TOT	20	11	359	7178
Cabeça	enrocamento	1.0 - 1.5	30	24	240	7200	TOT	20	12	120	2400
Total						38 743 €					16 568 €

Quadro 91 – Custo de esporão em "I" com 150 m de comprimento

Esporão em "I" – L = 150 m
Custo total: 3 699 935 €

Troço	L (m)	Zi (m)	Zf (m)	Zmed (m)	Manto Resistente						
					Tipo de Bloco	W (tf)	C (€/m³)	C (€/uni)	Aw (m²)	Vw (m³)	Cw (€)
A	2.5	2.0	1.0	1.5	enrocamento	1.5 - 2.5	35	-	3	6	219
B	6.5	1.0	0.0	0.5	enrocamento	3.5 - 6.0	45	-	9	59	2662
C	15.0	0.0	-1.0	-0.5	enrocamento	7.0 - 12.0	55	-	14	216	11880
D	11.0	-1.0	-2.0	-1.5	cubos de betão	4.5	-	340	26	290	88862
E	22.0	-2.0	-3.0	-2.5	cubos de betão	7.0	-	525	36	801	378378
F	83.0	-3.0	-4.0	-3.5	cubos de betão	10.0	-	750	48	3984	2689200
Cabeça	10.0	-4.0	-4.0	-4.0	cubos de betão	11.5	-	865	54	544	423504
Total	150.0										3 594 705 €
Troço	Sub-camada						Núcleo				
	Tipo de Bloco	Wf (tf)	C (€/m³)	Awf (m²)	Vwf (m³)	Cwf (€)	Tipo de Bloco	C (€/m³)	Atot (m²)	Vtot (m³)	Ctot (€)
A	-	0.0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
B	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	1	9	182
C	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	8	122	2430
D	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	12	133	2662
E	enrocamento	0.5 - 1.0	25	18	400	10010	TOT	20	4	86	1716
F	enrocamento	1.0 - 2.0	30	24	1992	59760	TOT	20	11	872	17430
Cabeça	enrocamento	1.0 - 2.0	30	27	272	8160	TOT	20	14	144	2880
Total						77 930 €					27 300 €

Quadro 92 – Custo de esporão em "L" com 100 m de comprimento

Esporão em "L": L = 100 m
Custo total: 1 554 972 €

Troço	L (m)	Zi (m)	Zf (m)	Zmed (m)	Manto Resistente						
					Tipo de Bloco	W (tf)	C (€/m³)	C (€/uni)	Aw (m²)	Vw (m³)	Cw (€)
A	2.5	2.00	1.00	1.5	enrocamento	1.5 - 2.5	35	-	3	6	219
B	6.5	1.00	0.00	0.5	enrocamento	3.5 - 6.0	45	-	9	59	2662
C	15.0	0.00	-1.00	-0.5	enrocamento	7.0 - 12.0	55	-	14	216	11880
D	11.0	-1.00	-2.00	-1.5	cubos de betão	4.5	-	340	26	290	88862
E	15.0	-2.00	-3.00	-2.5	cubos de betão	7.0	-	525	36	546	257985
F	40.0	-3.00	-3.00	-3.0	cubos de betão	8.0	-	600	41	1624	876960
Cabeça	10.0	-3.00	-3.00	-3.0	cubos de betão	9.0	-	675	43	434	263655
Total	100.0										1 502 223 €
Troço	Sub-camada						Núcleo				
	Tipo de Bloco	Wf (tf)	C (€/m³)	Awf (m²)	Vwf (m³)	Cwf (€)	Tipo de Bloco	C (€/m³)	Atot (m²)	Vtot (m³)	Ctot (€)
A	-	0.0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
B	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	1	9	182
C	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	8	122	2430
D	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	12	133	2662
E	enrocamento	0.5 - 1.0	25	18	273	6825	TOT	20	4	59	1170
F	enrocamento	1.0 - 1.5	30	21	840	25200	TOT	20	8	336	6720
Cabeça	enrocamento	1.0 - 1.5	30	22	224	6720	TOT	20	4	42	840
Total						38 745 €					14 004 €

Quadro 93 – Custo de esporão em "L" com 150 m de comprimento

Esporão em “L”: L = 150 m Custo total: 3 818 457€					Manto Resistente							
Troço	L (m)	Zi (m)	Zf (m)	Zmed (m)	Tipo de Bloco	W (tf)	C (€/m³)	C (€/uni)	Aw (m²)	Vw (m³)	Cw (€)	
A	2.5	2.0	1.0	1.5	enrocamento	1.5 - 2.5	35	-	3	6	219	
B	6.5	1.0	0.0	0.5	enrocamento	3.5 - 6.0	45	-	9	59	2662	
C	15.0	0.0	-1.0	-0.5	enrocamento	7.0 - 12.0	55	-	14	216	11880	
D	11.0	-1.0	-2.0	-1.5	cubos de betão	4.5	-	340	26	290	88862	
E	22.0	-2.0	-3.0	-2.5	cubos de betão	7.0	-	525	36	801	378378	
F	43.0	-3.0	-3.5	-3.3	cubos de betão	8.5	-	640	44	1871	1077408	
G	40.0	-3.5	-4.0	-3.8	cubos de betão	11.5	-	865	53	2108	1641078	
Cabeça	10.0	-4.0	-4.0	-4.0	cubos de betão	13.5	-	1015	56	560	511560	
Total	150.0										3 712 047 €	
Troço	Sub-camada						Núcleo					
	Tipo de Bloco	Wf (tf)	C (€/m³)	Awf (m²)	Vwf (m³)	Cwf (€)	Tipo de Bloco	C (€/m³)	Atot (m²)	Vtot (m³)	Ctot (€)	
A	-	0.0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	
B	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	1	9	182	
C	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	8	122	2430	
D	-	0.0	0	0	0	0	TOT	20	12	133	2662	
E	enrocamento	0.5 - 1.0	25	18	400	10010	TOT	20	4	86	1716	
F	enrocamento	1.0 - 1.5	30	22	935	28058	TOT	20	11	468	9353	
G	enrocamento	1.0 - 2.0	30	26	1054	31620	TOT	20	10	403	8060	
Cabeça	enrocamento	1.5 - 2.5	35	29	288	10080	TOT	20	11	112	2240	
Total						79 768 €					26 643 €	

SECÇÕES TRANSVERSAIS POR TROÇOS PARA SOLUÇÃO EM "I" COM 150 M

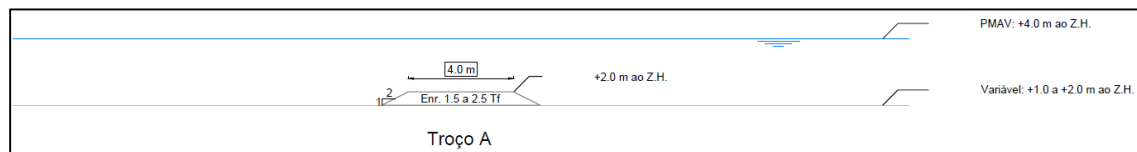


Fig. 324 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço A

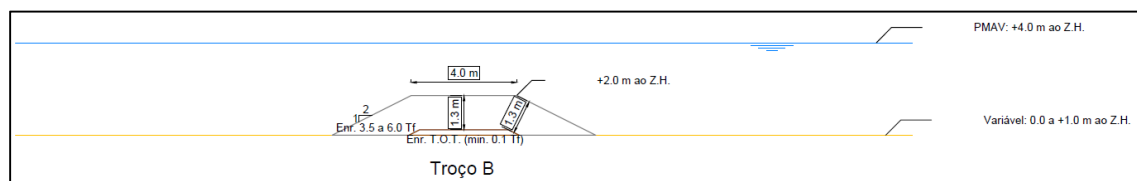


Fig. 325 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço B

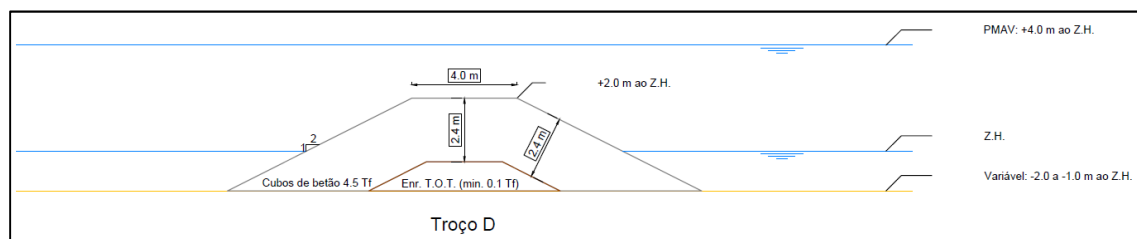


Fig. 326 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço D

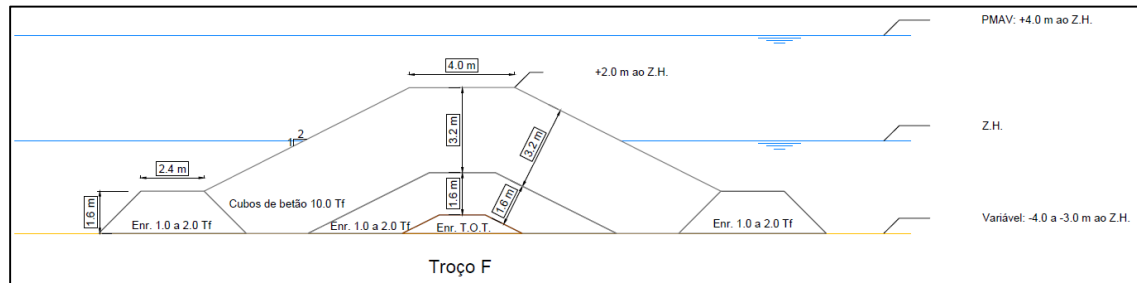


Fig. 327 – Secção transversal de esporão em "I" com 150 m: Troço F